

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA UNA  
FERRETERÍA**

**MAURICIO ARANA MONDRAGÓN**

**JUAN CAMILO OCAMPO CARDONA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ZARZAL – VALLE DEL CAUCA**

**2018**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA UNA  
FERRETERÍA**

**MAURICIO ARANA MONDRAGÓN**

**JUAN CAMILO OCAMPO CARDONA**

**Proyecto de grado requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Director**

**Mauricio Alejandro Buitrago Soto**

**Docente de la Universidad del Valle Sede Zarzal**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ZARZAL – VALLE DEL CAUCA**

**2018**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**JURADO 1**

---

**JURADO 2**

**Zarzal – Valle del Cauca, Marzo 16 de 2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Valle sede Zarzal, que nos acogió durante este tiempo para desarrollarnos como personas y futuros profesionales competentes.

A nuestro director Julián González Velasco, Ingeniero Industrial, MSc. en Ingeniería Industrial y el profesor Mauricio Alejandro Buitrago Soto, Ingeniero Industrial, por dedicarnos parte de su tiempo y compartirnos sus conocimientos.

A comercializadora de productos para el hogar y el bricolaje por facilitarnos la información, confiando en nosotros y permitiendo cumplir satisfactoriamente este logro.

## **DEDICATORIA**

Principalmente a mi madre por sacrificar tantas cosas para regalarme la oportunidad de estudiar y hacer lo posible tanto económicamente y anímicamente para obtener este triunfo de formarme como profesional, a mi padre y hermana que me apoyaron y que siempre creyeron en mí durante el extenso proceso, a mi novia por haber estado siempre presente, a mis demás familiares que siempre han confiado en mí como persona y profesional. Y a mis compañeros, por tener siempre ese nivel de exigencia durante el desarrollo del programa.

**Juan Camilo Ocampo Cardona**

Principalmente a Dios que me ha dado todo lo necesario para alcanzar cualquier objetivo. A mis padres que me acompañaron y motivaron en todo el proceso de formación. A mis familiares que siempre han confiado en mis capacidades y me han impulsado y motivado en los momentos que lo he necesitado. A mi primo Francisco Javier que me apoyó en la mayor parte de mi proceso de formación. Y a mis compañeros y profesores que me ayudaron a mejorar continuamente y a crecer personal y profesionalmente.

**Mauricio Arana**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1 Formulación del problema: .....	14
2 JUSTIFICACIÓN .....	15
3 OBJETIVOS .....	16
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
4 ESTADO DEL ARTE.....	17
5 MARCO TEÓRICO.....	21
5.1 Clasificación ABC.....	21
5.2 Clasificación ABC Multicriterio .....	23
5.2.1 Método selectivo integral.....	25
5.3 Analisis de los datos historicos y patron de demanda. ....	27
5.4 Sistemas de pronósticos de demanda .....	30
5.4.1 Ambiente general de un sistema de pronósticos .....	30
5.4.2 Indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos.....	31
5.4.3 Método de pronóstico de Promedio Movil.....	33
5.4.4 Método de pronostico suavización exponencial simple.....	33
5.4.5 Método de pronostico suavización exponencial doble.....	34
5.4.6 Modelo de pronósticos de Croston.....	34
5.4.7 Métodos para el cálculo del tamaño de lote .....	35
5.4.8 Calculo del tamaño de lote para demanda determinística.....	36
5.4.9 Sistemas de control del inventario. ....	37
6 METODOLOGIA .....	41
7 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EXISTENTE EN LA EMPRESA CASO ESTUDIO .....	42
7.1 DIAGNÓSTICO EMPRESA CASO ESTUDIO .....	42
7.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “FERRETERIA LA NUEVA” .....	43
7.3 PLAN DE DESARROLLO ORGANIZACIONAL.....	43
7.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	44
7.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMRPESA .....	44

8	CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ITEM EMPRESA CASO ESTUDIO .....	50
9	CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO .....	50
10	SISTEMA DE PRONÓSTICO .....	59
11	POLÍTICAS DE INVENTARIO PARA LOS PRODUCTOS CLASE A EN LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO. ....	70
11.1	COSTOS DE INVENTARIO .....	70
11.1.1	Costo de Almacenamiento .....	70
11.1.2	Tasa del costo de mantenimiento del inventario, r.....	71
11.1.3	Costo de Ordenar.....	72
11.2	PROPUESTA DE CONTROL DE INVENTARIOS Y CTR ASOCIADO.....	73
11.2.1	Metodología de la selección del sistema.....	74
12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
13	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....	79
	ANEXOS .....	81

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Volumen de ventas .....	14
<b>Tabla 2.</b> Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo a la clasificación ABC .....	23
<b>Tabla 3.</b> Factores de ponderación por zonas de clasificación. ....	26
<b>Tabla 4.</b> Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica. ....	38
<b>Tabla 5.</b> Identificación tipo de empresa .....	42
<b>Tabla 6.</b> Naturaleza de las actividades .....	42
<b>Tabla 7.</b> Volumen de operarios .....	43
<b>Tabla 8.</b> Productos que comercializa la empresa caso de estudio. ....	45
<b>Tabla 9.</b> Proveedores de la empresa caso de estudio.....	46
<b>Tabla 10.</b> Valores para encuesta.....	51
<b>Tabla 11.</b> Encuesta .....	52
<b>Tabla 12.</b> Media geométrica.....	52
<b>Tabla 13.</b> Matriz de comparación.....	53
<b>Tabla 14.</b> Matriz Normalizada .....	53
<b>Tabla 15.</b> Vector Prioridad .....	54
<b>Tabla 16.</b> Costo Unitario .....	55
<b>Tabla 17.</b> Lead Time .....	55
<b>Tabla 18.</b> Utilidad.....	56
<b>Tabla 19.</b> Criticidad.....	56
<b>Tabla 20.</b> Peso de criterios. ....	57
<b>Tabla 21.</b> Clase A: Ítem 160147. Promedio móvil.....	61
<b>Tabla 22.</b> Clase A: Ítem 160147. Suavización exponencial simple. ....	63
<b>Tabla 23.</b> Clase A: Ítem 160147. Suavización exponencial doble.....	65
<b>Tabla 24.</b> Método Croston.....	67
<b>Tabla 25.</b> Tabla de resultados obtenidos. ....	68
<b>Tabla 26.</b> Tabla de descripción de costos de almacenamiento.....	71
<b>Tabla 27.</b> Costos asociados a la tasa de mantenimiento del inventario R.....	71
<b>Tabla 28.</b> Tablas de costos de ordenar. ....	72
<b>Tabla 29.</b> Otros costos.....	73
<b>Tabla 30.</b> Resumen políticas de control. ....	74
<b>Tabla 31.</b> Comparación de costos .....	75



## LISTA DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Políticas de control de inventarios para ítems clase A y B.....	22
<b>Gráfica 2.</b> Representación del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC. ....	24
<b>Gráfica 3.</b> Demanda perpetua, estable o uniforme.....	28
<b>Gráfica 4.</b> Demanda creciente. ....	28
<b>Gráfica 5.</b> Demanda decreciente. ....	29
<b>Gráfica 6.</b> Demanda estacional o periódica.....	29
<b>Gráfica 7.</b> Demanda errática .....	30
<b>Gráfica 8.</b> Ambiente común de un sistema de pronósticos.....	31
<b>Gráfica 9.</b> Organigrama de la Empresa Caso de Estudio. ....	44
<b>Gráfica 10.</b> Diagrama flujo .....	49
<b>Gráfica 11.</b> Ejemplo Ítem 160147 .....	58
<b>Gráfica 12.</b> Patrón de demanda ítems clase A.....	59

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Peso Final Multicriterio .....	81
<b>Anexo B.</b> Resumen de Políticas.....	91

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los mayores desafíos que enfrentan las organizaciones es la administración de sus inventarios, buscando un punto óptimo en el cual se tenga la cantidad adecuada de tal modo que la empresa pueda ejecutar todas sus operaciones de una forma competitiva ante el mercado. Lo dicho con anterioridad convierte el control de inventarios en un tema de interés en el campo de la ingeniería industrial, su manejo es determinante en las decisiones estratégicas de una organización.

El inventario es la cantidad de bienes que tiene almacenada la empresa para utilizar, vender y/o alquilar, con la finalidad de ejecutar de forma óptima todas las actividades productivas de ella, desde la materia prima hasta la cantidad de producto terminado disponible para su distribución. Un sistema de control de inventarios permite a las empresas controlar de manera generalizada productos o insumos con características similares, las cuales son determinadas por los implementadores del sistema de gestión y control de inventarios de la empresa.

Las empresas que almacenan recursos se enfrentan con el problema de que cantidad y en que sitio almacenar los productos sin incurrir en costos innecesarios que afectan la rentabilidad de la empresa. Generalmente “Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de los productos que más rotan” producto de una mala planificación de los recursos.

Las variables más influyentes en la necesidad de controlar el inventario de una empresa son la demanda y el tiempo de reposición (Lead times), el conocimiento de los requerimientos o productos, la calidad de su información entre otros factores son los que permiten minimizar el impacto de las variables mencionadas. El pronóstico de la demanda de productos ayuda a planificar los recursos necesarios y la cantidad de unidades a fabricar de determinado producto.

“El entorno actual de los negocios, las organizaciones deben mantener un equilibrio adecuado entre los altos costos de inventario y los críticos problemas de desabastecimiento. Pues si bien es cierto que el servicio al cliente no es un factor principal para atraer nuevos compradores, si es con frecuencia una de las principales razones para perderlos” (Ching-Wu Chu, 2008)

Algunas empresas no prestan la atención debida al control de los inventarios, sin saber que la escasez de determinado recurso, puede repercutir en el resto de la operación, y en casos extremos detener la operación. La disponibilidad del recurso en el momento y lugar adecuado permite darle continuidad a todas las operaciones. La demanda al no ser una

variable controlable puede presentar fluctuaciones no previstas por la empresa, un inventario de seguridad permite satisfacer los clientes de forma oportuna. En algunos casos los proveedores de materia prima ofrecen grandes descuentos por compras de altos volúmenes de material, aparentemente son más rentable, pero se debe de hacer un análisis detallada si el descuento obtenido es mayor al costo que se asume por el exceso de inventario. El sistema de control de inventario busca encontrar un equilibrio ante las necesidades de requerimientos por la empresa y sus clientes, dando respuesta a las cantidades y el donde almacenar.

En este proyecto se diseñará una propuesta de control de inventario para una empresa comercializadora de útiles para el bricolaje, la construcción y necesidades para el hogar, teniendo en cuenta que el área de operación es muy limitada y necesitan tener un uso eficiente del espacio. Con la propuesta de control de inventario se pretende clasificar los ítems de la empresa, teniendo en cuenta la variedad de estos, obtener información de los ítems más importantes, y proponer un sistema de control de inventario, que permita a la empresa encontrar un punto óptimo de equilibrio entre el costo de inventario y la capacidad de respuesta ante la demanda variable.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los sistemas de control de inventarios son determinantes para las empresas que se dedican a compra y venta de mercancía debido a las necesidades cambiantes, ya que estos se pueden implementar dentro de la empresa como una sola área dedicada al inventario de las mercancías, materias primas, producto en proceso, producto terminado o cualquier forma de inventario que muestren resultados óptimos a mediano y largo plazo. La base de una empresa comercial como lo es la ferretería es la compra y venta de artículos relacionados con el mercado que se desea satisfacer, su rentabilidad está dada por el margen de utilidad que dejan los ítems y el nivel de servicio que se ofrece a los clientes, por intermedio de la política de inventario que se utilice sin incurrir en costos innecesarios que afectan negativamente la rentabilidad de la empresa. Este manejo permitirá a la empresa mantener el control oportunamente, así como también conocer al final de los períodos un estado confiable de la situación económica y de gestión de inventario de la misma.

La falta de un sistema de inventario provoca pérdidas en unidades de producto, debido a que no se tiene el control respectivo sobre la cantidad de mercancía con la que cuenta la empresa y en qué lugar se encuentra dentro del área para el almacenamiento, induciendo al cliente a sentir que la atención no ha sido la mejor, consecuente a esto el comprador del producto puede inclinarse por conseguir lo que necesita en otro almacén, causando que la utilidad del negocio se vea seriamente afectada, a causa de ventas no realizadas y pérdida de clientes. (Sánchez & Reyes, 2011)

Al no haber una claridad exacta de la cantidad de productos que se encuentran en el área de almacenamiento, podían haber perdidas involuntarias de mercancías; sin una planeación adecuada del inventario se podrían agotar las existencias de un producto útil para el funcionamiento del negocio, esto provoca que haya pérdida de clientes potenciales y la empresa podría generar un aire de inconformidad en sus compradores, además de nuevas e innecesarias inversiones en conseguir de nuevo los productos sin un tiempo prudente de pedido.

Con la información suministrada por la empresa objeto de estudio se evidencia que la gestión de inventarios realizada no hace prácticas de las políticas adecuadas, lo cual puede generar inversiones altas, faltantes de ítems de mayor rotación, acumulación de productos con poco volumen de ventas, pérdida de cliente potenciales, inexactitud en los pedidos, entre otros; actualmente se presentan inconveniente como los ya mencionados, en la siguiente tabla se observa el volumen de venta anual de la empresa.

**Tabla 1. Volumen de ventas**

	# Items	% Items	Volumen Ventas	% Volumen Ventas
	283	12,748%	\$ 819.689.112	65,91%
	448	20,180%	\$ 299.326.952	24,07%
	1489	67,072%	\$ 124.567.880	10,02%
<b>Total</b>	2220	100%	\$ 1.243.583.944	100%

**Fuente: Los autores**

El diagnóstico realizado a los 2220 ítems que se resume en la anterior tabla, donde es importante resaltar la generación de altos niveles de inventario de productos que no tiene una buena rotación y representan un porcentaje de ventas muy bajo en relación a los costos de almacenamiento de los productos, esta situación evidencia la mala gestión del inventarios razones por la cual el desarrollo del presente trabajo se busca realizar un análisis detallado del sistema de control de inventarios de la empresa objeto de estudio.

### **1.1 Formulación del problema:**

¿Qué políticas de inventario son las apropiadas para tener una gestión adecuada en una ferretería?

## 2 JUSTIFICACIÓN

Se denominan existencias o inventarios a la variedad de materiales que se utilizan en la empresa y que se guardan en sus almacenes a la espera de ser utilizados, vendidos o consumidos, permitiendo a los usuarios desarrollar su trabajo sin que se vean afectados por la falta de continuidad en la fabricación o por la demora en la entrega por parte del proveedor. Los inventarios pueden ser definidos como una acumulación de materiales en el espacio y en el tiempo, presentándose en prácticamente cualquier organización y en particular, en las empresas industriales y en los grandes distribuidores de alimentos y textiles. (Manene, 2012)

Debido a que las causas que generan la necesidad de mantener inventarios no pueden ser eliminadas totalmente, la mejor alternativa es aplicar sistemas óptimos de gestión y control para responder dichas causas. (Vidal Holguin, 2010)

La administración de inventarios es la aplicación de procedimientos y técnicas que tienen por objeto establecer, poner en efecto y mantener las cantidades más ventajosas de materias primas, producción en proceso, artículos terminados y otros inventarios, minimizando los costos a que den lugar, para contribuir a lograr los fines de la empresa. (Universidad América Latina, Costos II)

De acuerdo a lo antes mencionado, el inventario es un tema que debe ser atendido con un alto grado de importancia en las organizaciones como por ejemplo las ferreterías, debido a que tienen un gran portafolio de productos los cuales son requeridos a diario para satisfacer diferentes necesidades de las personas. El tener un alto inventario, lograría mantener el cliente satisfecho pero se incurrirían en altos costos de mantenimiento de este, al establecer un sistema de control de inventario se llegará a un punto de equilibrio entre el nivel de servicio y los costos de inventario, maximizando así las utilidades de la organización.

Los sistemas de operación quizá no estén diseñados para responder, de manera instantánea a los requerimientos que los clientes hacen de los productos o servicios. Los inventarios suministran un nivel de disponibilidad del producto o servicio que, cuando se localiza cerca del cliente, puede satisfacer altas expectativas del cliente por la disponibilidad del producto. Disponer de estos inventarios para los clientes no sólo puede mantener las ventas, sino que también puede aumentarlas. (Ballou, 2004)

Una buena administración de los inventarios implica definir perfectamente la mercancía a pedir, las fechas de pedido, lugar de almacenamiento, el nivel de stock y el modo de reaprovisionamiento, el manejo adecuado del registro de las existencias, de la rotación y evaluación del inventario de acuerdo a como se clasifique y que tipo de inventario posea la

empresa, ya que lo anterior permite una reducción de los costos de manejo del inventario y el nivel de servicio. (RAMIREZ, 2007)

En la organización objeto de estudio, los pedidos se realizan de forma intuitiva, o en el momento en que se nota la carencia de los ítems, prácticas que traen consigo clientes inconformes que quizá no vuelvan y ventas no realizadas. A través de los sistemas de control de inventario se solucionarían problemas en la organización con respecto al seguimiento que se le deben de hacer a ciertos productos, el nivel de stock y las cantidades que se deben de pedir en el momento adecuado para no afectar el nivel de servicio de los clientes. En una empresa en la cual hay muchas restricciones de espacio, es necesario encontrar un punto de equilibrio entre nivel de servicio y costos, estos son determinantes en la rentabilidad de esta, con el presente trabajo se tiene como finalidad proponer una política de inventario para los ítems clase A en una ferretería, aumentando la calidad de su servicio y disminuyendo los costos asociados al inventario.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un sistema de control de inventario para ítems clase A que permita disminuir los costos totales relevantes en una ferretería.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Caracterizar e Identificar el estado actual de los procedimientos relacionados con el control de inventario de la empresa para obtener información que ayude a determinar oportunidades de mejora.
- Definir los ítems más significativos por medio de la clasificación ABC y multicriterio, para determinar cuáles impactan con mayor fuerza la rentabilidad y nivel de servicio de la empresa.
- Pronosticar la demanda para los ítems clase A, con el método que más se ajuste a su patrón de demanda.
- Determinar una política de control de inventario de los ítems clase A seleccionados a partir de la clasificación ABC multicriterio.



## 4 ESTADO DEL ARTE

Controlar y planificar los inventarios se ha convertido en una de las principales necesidades de las compañías de manufactura en años recientes. Esto ha traído consigo, un crecimiento en la aplicación de métodos para administrar eficientemente los materiales que participan en los procesos productivos.

Los estudios nacionales, como internacionales coinciden, además, que las investigaciones son de corte cualitativo; la evolución del panorama en la implementación de las técnicas de inventario en las empresas ha tenido un crecimiento dinámico, en gran medida, por los requerimientos de la industria. Niemi, Petri. Huiskonen, Janne. Kärkkäinen, Hannu (2008), realizan una investigación denominada: “Understanding the knowledge accumulation process—Implications for the adoption of inventory management techniques”, siendo este un estudio prospectivo correlacional, donde se enfocan en la aplicación de conceptos e instrumentos que sirven para evaluar el estado de los inventarios y la eficacia de estos en las empresas. En el concluyen, que adoptar técnicas para el manejo de inventarios genera efectos positivos, los cuales van mejorando progresivamente cuando los métodos usados van adquiriendo madurez en la compañía. Se recomienda que las técnicas para la adopción de manejo de inventario vayan tomando lugar gradualmente en la empresa, con el propósito de generar conocimiento y la madurez necesaria, que le permita a la organización un mejoramiento continuo en sus métodos de control.

Años más tarde (Gutierrez & Vidal, 2008), con un estudio evaluativo retrospectivo, denominado, “Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura”, realizan una exploración en modelos de gestión para el diseño de políticas de inventario en materias primas y producto terminado en cadenas de abastecimiento, teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda y los tiempos de suministro.

Un estudio llevado a cabo por (Arguello montejo, 2008) Tiene como objetivo diseñar un sistema de clasificación del inventario en la comercializadora MADECENTRO COLOMBIA S.A. y lograr así un mejoramiento en la gestión de inventarios de la empresa. El informe contiene inicialmente una descripción de los conceptos de gestión de inventarios e indicadores logísticos, fundamentados en la clasificación de los productos según su rotación y haciendo uso de material actualizado sobre el tema.

Factores clave como los costos de faltantes o la tasa de llenado mínimo fueron considerados por (Jaarsveld & Dekker, 2011) para determinar el número de piezas de repuesto en holg inventario. Debido a que una dificultad con este enfoque radica en la estimación de

estos costos, los autores proponen estudios para determinarlos usando datos obtenidos con el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Además desarrollan un marco que permite el modelado de los sistemas más complicados a partir del cual proponen un método aproximado para determinar la cantidad mínima de inventario.

Para la clasificación *ABC* y la aplicación de las técnicas multicriterio designadas al control de inventario, autores como (Partovi & Burton, 1993) propusieron un nuevo modelo multicriterio basado en la metodología AHP tomando los ítems en criterios tanto cualitativos como cuantitativos, demuestra el modelo a través de un ejemplo, utilizando datos reales de la sala de stock del departamento de mantenimiento de una compañía farmacéutica una serie de experimentos de simulación muestran cómo la clasificación resultante puede beneficiar el control de inventario en esta compañía

Por su parte (Flores & Whybark, 1987) presentan los resultados obtenidos de la aplicación del análisis *ABC* multicriterio para el mantenimiento de inventarios. Los autores utilizan criterios de costo y otros sin costo en el desarrollo de las categorías *ABC* para la gestión de inventarios. El estudio muestra que los gerentes pueden desarrollar criterios sin costo y clasificar los artículos del inventario de manera que combinen los tipos de criterios. Se definieron políticas específicas para la gestión de los artículos en la empresa industrial. Una vez que se demostraron los beneficios de la metodología, se desarrolló un programa de un año para implementar el sistema

Inicialmente (Lung Ng, 2007) propone las medidas de los criterios que puede ser numerosa, es recomendable unificar los valores de cada criterio; así lo propone el autor usando un modelo para la clasificación de inventarios con varios criterios, donde este modelo convierte todas las medidas de un criterio para un ítem de inventario en una puntuación escalar, este se basa en los resultados del principio *ABC* sin necesidad de usar un optimizador lineal.

Años más tarde (Chen, 2011) presenta un nuevo enfoque de la clasificación *ABC* tradicional, el cual consiste en la clasificación de inventario multicriterio (MCIC), esta propuesta determina dos conjuntos comunes de pesos de criterios y les agrega los puntajes resultantes del rendimiento (más favorable o menos favorable) a cada ítem exento de subjetividad. Este método fue comparado con otros basados en el clásico problema MCIC y el enfoque propuesto mostró un índice de rendimiento más razonable y comprensible.

Un estudio llevado a cabo por Alzate y Vélez en su trabajo de grado para optar al título de ingenieros industriales (2013) evalúa la situación actual del manejo de inventarios en una institución de formación pública en Colombia, donde el alto costo del mantenimiento del inventario representa una dificultad importante para esta. Así pues, se propone el diseño y

ejecución de un sistema de gestión y control de inventarios a través de una clasificación ABC multicriterio, logrando una consolidación de inventarios de seguridad para la organización, y reduciendo el costo del inventario en un 26.3%.

Un estudio que debe ser tenido en cuenta es el pronosticar la demanda de forma precisa, (Willemain, Smart, & Schwarz, 2004) abordan el problema de pronosticar y administrar el inventario de piezas de servicio donde los patrones de demanda son altamente intermitentes. Actualmente, hay dos clases de métodos para determinar el stock de seguridad para el elemento intermitente: los enfoques paramétrico y de arranque. Los autores hacen uso de conjuntos de datos que muestran el método *bootstrapping* que produce pronósticos más precisos de la distribución de la demanda en un plazo de ejecución fijado por suavización exponencial y Croston.

Por otra parte, (Lindsey & Pavur, 2009) Se ilustra una técnica propuesta para formar intervalos de predicción fiables para la tasa de demanda futura de productos existentes con una demanda observada de cero utilizando una metodología adaptada de la fiabilidad del software. Al utilizar la información de demanda de un grupo de productos que incluye productos que se mueven lentamente, se construyen intervalos de predicción para la tasa de demanda futura de los productos con una demanda observada de cero.

Completando lo anterior (Teunter & Sani, 2009) En este documento se muestra la previsión de datos de demanda intermitentes. Proponen un nuevo marco de agregación para el pronóstico de demanda intermitente que realiza la agregación sobre los volúmenes de demanda, en contraste con el marco estándar que emplea la agregación temporal (en el tiempo). Para lograr esto, construyeron una serie temporal transformada, la serie de demanda intermitente inversa. Se espera que el nuevo algoritmo funcione mejor con la demanda errática y abultada, como resultado de la reducción de la varianza de las demandas distintas de cero.

(Wallström & Segerstedt, 2010) Sugieren nuevas herramientas y modelos para evaluar las medidas de previsión de error. El documento estudia especialmente la demanda de movimiento lento o intermitente, cuando para los artículos los períodos de tiempo de pronóstico a menudo tienen una demanda cero. Para la demanda intermitente difícil de pronosticar, la técnica de pronóstico de Croston se considera principalmente como una mejor opción que el suavizado exponencial único. Estos dos métodos, Croston y el suavizamiento exponencial único, junto con dos modificaciones del método Croston, se discuten y evalúan con datos intermitentes reales. El rendimiento apprehendido de una técnica de pronóstico depende de la medición elegida de los errores de pronóstico. El objetivo principal es examinar y evaluar diferentes mediciones de error de pronóstico.

Dash, Singh & Pattnayak (2013) presentan un modelo para el análisis de los costos de almacenamiento de productos perecederos con demanda decreciente en el que determinaban la cantidad optima de pedido para estos productos. El objetivo del modelo fue el de presentar el costo mínimo de mantenimiento de los inventarios, y para eso se presentan análisis de sensibilidad de varios parámetros presentados dentro del trabajo como costo de ordenamiento, costo de deterioro y costo de mantenimiento del inventario.

La propuesta de Herrera penata, Aníbal y morales angulo, (2007) del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad tecnológica de bolívar. Consistió en elaborar una propuesta de mejora para el sistema de control de inventarios que le permita a TENARIS-TUBOCARIBE optimizar los niveles de insumos especiales y materias primas, basado en el estudio del sistema actual de manejo de inventarios y validándolo en un sistema de simulación, de modo que le permita a la compañía reducir gastos extras en su producción.

Finalmente Presentando el ultimo aporte consultado SHEILA NOBOA (2011), Diseño e implementación de un sistema de inventarios, aplicando simulación Montecarlo, en una empresa de servicios petroleros; La importancia de este proyecto radica, en la necesidad de mejorar la administración de inventarios en la empresa, con lo que se busca obtener una mayor ventaja competitiva en el mercado de químicos para el petróleo.

## 5 MARCO TEÓRICO

El desarrollo de un sistema de control de inventarios genera un completo estudio de todas las variables que intervienen en el mismo. Estas variables están ligadas a temas conceptuales relacionados con: la prioridad o jerarquía de los ítems (clasificación ABC), el análisis de datos históricos y patrones de demanda, sistemas de pronósticos de la demanda y las políticas de control de inventarios.

### 5.1 Clasificación ABC

La clasificación ABC según (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) es una extensión del análisis de Pareto para clasificar artículos según su importancia. Para efectuar una clasificación ABC se usan diversas medidas de valor, dependiendo de los objetos de la clasificación, aunque la clasificación con más difusión se basa en el valor monetario del artículo (demanda anual por costo unitario), en cuyo caso la finalidad es identificar los pocos artículos que causan el mayor movimiento de dinero.

Para efectuar esta clasificación teniendo en cuenta el valor monetario de los artículos, se debe determinar el valor anual de cada ítem por medio de la siguiente expresión (1):

$$\text{Valor anual de cada ítem} = D_i * V_i \quad (1)$$

Donde;

**$D_i$  = demanda anual del ítem i (unidades/año)**

**$V_i$  = valor unitario del ítem i (\$/año)**

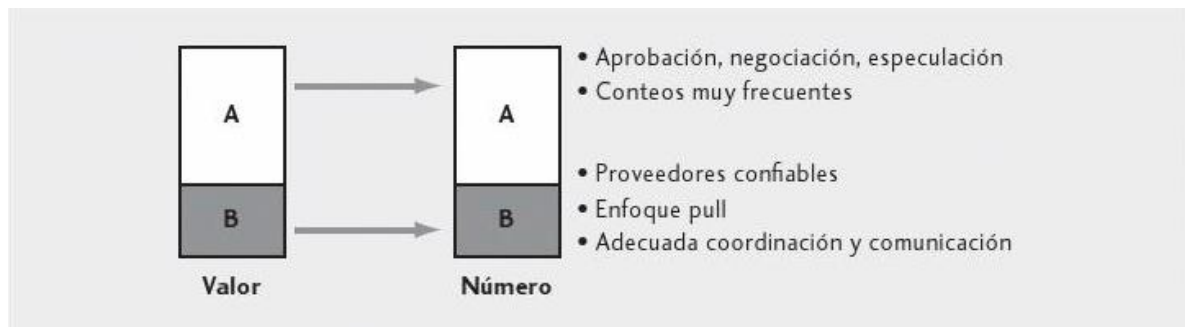
Algunos otros criterios que se aplican como medida de valor son la utilidad, el costo unitario o alguna medida de riesgo. El procedimiento para efectuar la clasificación ABC, basada en algún criterio de valor, se resume en los siguientes pasos:

1. Seleccionar el criterio de valor (por ejemplo, demanda anual por costo unitario).
2. Ordenar los artículos en orden de la importancia de su valor.
3. Calcular, para cada artículo, su porcentaje acumulado de valor y su porcentaje acumulado del número de artículos.
4. Construir una gráfica del porcentaje acumulado del número de artículos en función del porcentaje acumulado de valor.
5. Clasificar los artículos en las categorías A, B o C.

Se sugiere que la categoría A abarque entre el 5% y 20% de los artículos que generan valor entre 60% y 80% del valor, la B alrededor de 30%, con alrededor de 15% del valor y la C entre 50% y 60%, con solo 5% o 10% del valor.

El objetivo de la clasificación ABC es identificar los artículos de mayor importancia (A), los de importancia relativa media (B) y los de menor importancia (C). Esta clasificación permite adoptar políticas distintas para administrar los artículos en las diferentes categorías. Ver gráfico 1.

**Gráfica 1.** Políticas de control de inventarios para ítems clase A y B



**Fuente:** Muñoz Negrón, David F (2009).

(Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) Establece las políticas a tener en cuenta para cada tipo de clasificación en relación con el impacto que ejercen en los sistemas de pronósticos de inventario. Para los ítems de clase A proponen un examen continuo y rutinario por los administradores del inventario, en conjunto con técnicas relativamente complejas de pronósticos. Para los ítems clase B se aconseja manejarlos de una forma automática, con técnicas adecuadas de pronósticos, en general no tan complejas como las aplicables a ítems clase A, y con la intervención humana solamente en casos de excepción. Para ítems clase C se sugiere utilizar las técnicas más simples de pronósticos, e incluso se recomienda en ocasiones que no sean pronosticados. Sin embargo, con éstos últimos ítems, aunque representan una fracción baja del porcentaje de ventas totales, pueden ocasionar problemas de manejo en los centros de distribución, de espacio de almacenamiento en puntos de venta y otros relacionados.

Finalmente, el autor aconseja para ítems nuevos diferenciar el estado de desarrollo en el cual se encuentran dentro de su ciclo de vida. Específicamente, si se encuentran en su fase de crecimiento o en su fase de declive, se deben utilizar técnicas de pronósticos que respondan a estos cambios, tales como la suavización exponencial doble. En contraste, si el ítem nuevo ya se encuentra en su etapa de equilibrio, puede bastar con técnicas menos sofisticadas, tales como suavización exponencial simple o promedio móvil. Una gestión de

inventarios óptima depende en gran medida de la relación correcta que se desarrolle entre los pronósticos, la clasificación ABC y los métodos de control utilizados. Ver tabla 2.

**Tabla 2.** Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo a la clasificación ABC

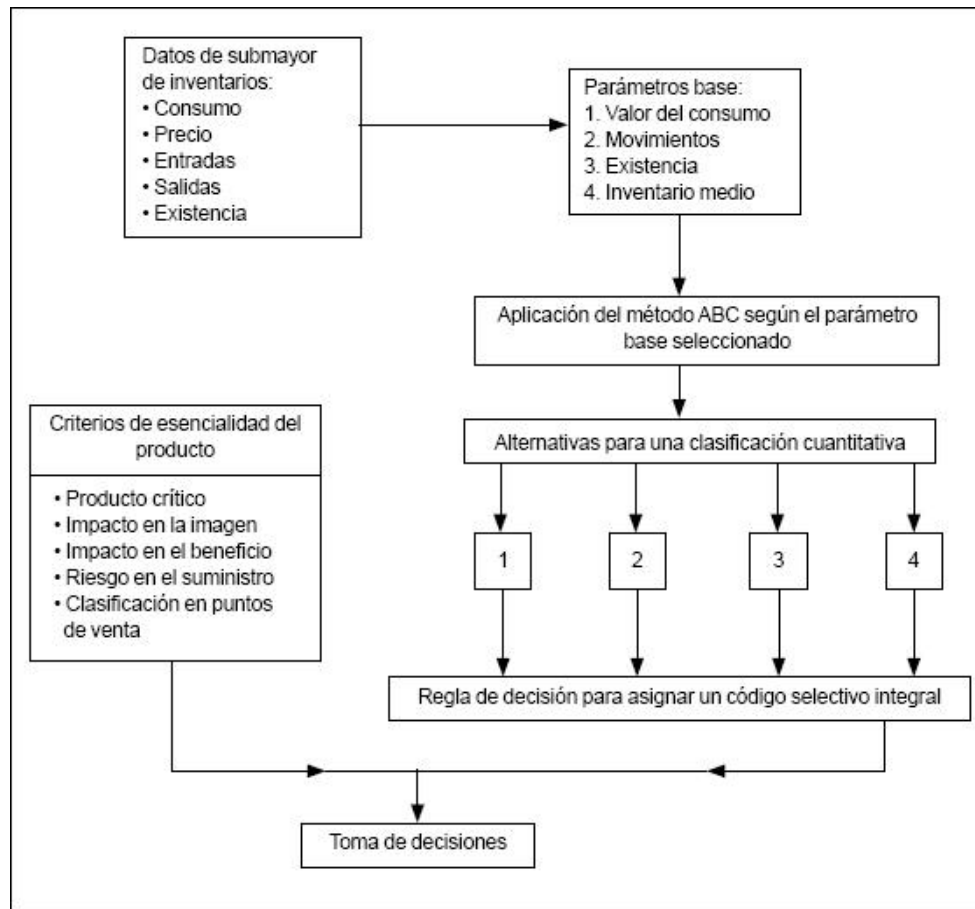
Características	Políticas de control	Métodos de control
Ítems clase A (considerablemente primordiales), son pocos, proporcionan el mayor porcentaje del volumen en ventas (en \$).	Control estricto con supervisión personal. Comunicación directa con la administración y los proveedores. Aproximación a <i>JIT</i> en inventario balanceado. Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas.	Monitoreo frecuente. Registros precisos. Pronósticos con suavización exponencial doble. Políticas basadas en el nivel del servicio al cliente.
Ítems clase B (importantes), proporción de volumen en ventas (en \$) considerable.	Control clásico de inventarios. Administración por excepción. Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas.	Sistemas de control computarizado clásico. Pronóstico con suavización exponencial simple Reporte por excepciones.
Ítems clase C, son muchos, proporcionan un bajo volumen de ventas (en \$), tienen un bajo valor unitario.	Supervisión mínima. Pedidos bajo orden. Tamaños de orden grande. Políticas de alto inventario de seguridad. Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas.	Sistema de control simple. Promedio móvil (aceptar el pronóstico). Evitar agotados y excesos de inventario. Larga frecuencia de órdenes. Sistema automático.

**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005)

## 5.2 Clasificación ABC Multicriterio

Tradicionalmente la clasificación ABC es realizada con el objetivo de definir e implementar una política de inventarios a todos los productos pertenecientes a una misma categoría. La clasificación de los productos en categorías se realiza de acuerdo a su importancia o relevancia por algún tipo de criterio, que normalmente es el consumo o ventas anuales de cada uno de los ítems. Sin embargo, en ocasiones es altamente recomendable y necesario utilizar criterios adicionales que permitan realizar una diferenciación más efectiva de las existencias. Cuando el análisis ABC incluye dos o más criterios, en la literatura científica el problema es denominado Análisis ABC multicriterio (Parada Gutierrez, 2009). En el grafico 2 se muestra la representación general de la aplicación de la clasificación ABC multicriterio.

**Gráfica 2.** Representación del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC.



**Fuente:** (Parada Gutierrez, 2009).

Métodos empleados para el desarrollo de la clasificación ABC multicriterio.

- Análisis multivariado de Clusters; este tipo de clasificación se agrupan ítems con características y atributos similares para su análisis y posterior clasificación.
- Proceso analítico jerárquico (AHP por sus siglas en inglés); mediante este método se obtiene una única medida escalar de la importancia de los ítems del inventario para su posterior clasificación con base en el resultado obtenido. Este procedimiento cuantifica juicios u opiniones sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios empleados en el proceso de toma de decisión.
- Utilización de metaheurísticos; como los algoritmos genéticos y las redes neuronales artificiales aplicadas a la clasificación ABC multivariada.



- Optimización lineal alternativo de Wan Lung; se busca un equilibrio entre las técnicas existentes y su aplicabilidad en el entorno empresarial, Ramanathan (2003) plantea un modelo de optimización lineal ponderado basado en una técnica similar al DEA, donde el mismo modelo genera los pesos ponderados para evitar la subjetividad en su asignación. Sin embargo, debido a que para cada ítem se requiere una función objetivo, la aplicación de este modelo en un ambiente donde existan miles de referencias por evaluar se considera poco práctico.
- La clasificación por medio de la lógica Fuzzy, aplicada por Keskin & Ozkan (2012) donde proponen la aplicación de diversos criterios que permiten el análisis del inventario de una compañía automotriz, haciendo uso del Algoritmo FMC (Fuzzy-C-Means), que mediante dimensión de conjunto de datos agrupados de acuerdo a sus atributos proporciona el alcance de una solución natural, además elimina la subjetividad de los resultados en la Clasificación ABC clásica.
- Matriz de dos criterios de Flores; El ABC multicriterio aplicado a los inventarios (Multi Criteria Inventory Classification, MCIC) tiene sus inicios con el trabajo de (Flores & Whybark, 1987) quienes años después clasifican a 47 SKU con base en cuatro criterios: costo promedio unitario, volumen de ventas, factor crítico y lead time.

### **5.2.1 Método selectivo integral.**

El método selectivo integral es una herramienta utilizada en la clasificación ABC multicriterio que tiene como objetivo determinar factores de clasificación de  $n$  criterios, permitiendo la generación de un código selectivo integral enmarcado en los límites de las tres zonas de clasificación, que posibilite asignar a diferentes ítems su relevancia dentro del sistema de gestión de inventarios existente (Parada Gutierrez, 2009).

La determinación de los límites de las tres zonas de clasificación se realiza de la siguiente manera:

- I. Tener la clasificación ABC clásica de los ítems, el cual asignará a cada ítem un código A, B o C por cada criterio de manera independiente.
- II. Para la asignación del código selectivo integral se debe fijar factores de ponderación cuantitativos que expresan la importancia, para la organización y los parámetros en cada una de las zonas, ver tabla 3.

**Tabla 3.** Factores de ponderación por zonas de clasificación.

Parámetros	Zonas		
	A	B	C
1	FA1	FB1	FC1
2	FA2	FB2	FC2
3	FA3	FB3	FC3
n	FAn	FBn	FCn

**Fuente:** (Parada Gutierrez, 2009).

- III. Para el cálculo del código de clasificación se hace necesario determinar el Valor Máximo (V máx.), este valor es el resultado de la suma de los valores de ponderación de la zona A, como se ilustra en la Expresión (2). Luego se debe determinar el Valor Mínimo (V mín.), siendo este el resultado de la suma de los valores de ponderación de la zona C, como se expone en la Expresión (3).

$$V_{max} = \sum_{j=1}^n FA_j \quad (2)$$

$$V_{min} = \sum_{j=1}^n FC_j \quad (3)$$

Dónde:

$V_{max}$  = Suma de los factores de ponderación de la Zona A.

$V_{min}$  = Suma de los factores de ponderación de la Zona C.

$n$  = Cantidad de criterios base.

- IV. Se realiza el cálculo del ACL (amplitud de cada clase), el cual efectúa aplicando la diferencia entre el valor máximo ( $V_{max}$ ) y el valor mínimo ( $V_{min}$ ) y dividiendo dicho resultado entre las 3 clases mencionadas. Ec. (4).

$$ACL = \frac{(V_{max} - V_{min})}{3} \quad (4)$$

Finalmente se procede a determinar el código selectivo integral para cada zona:

- La zona A se establece como el rango entre  $(V_{max} - ACL)$  y  $(V_{max})$ .
- La zona B se establece como el rango entre  $(V_{min} + ACL)$  y  $(V_{max} - ACL)$ .
- La zona C se establece como el rango entre  $(V_{min})$  y  $(V_{min} + ACL)$ .

### **5.3 Análisis de los datos historicos y patron de demanda.**

Con el fin de seleccionar un método adecuado para la generación de los pronósticos, es necesario realizar un análisis completo de los datos históricos de la demanda, en el cual se puede observar y determinar su comportamiento en un periodo de tiempo determinado (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

En el sistema se debe tener en cuenta tres aspectos relacionados con el tiempo:

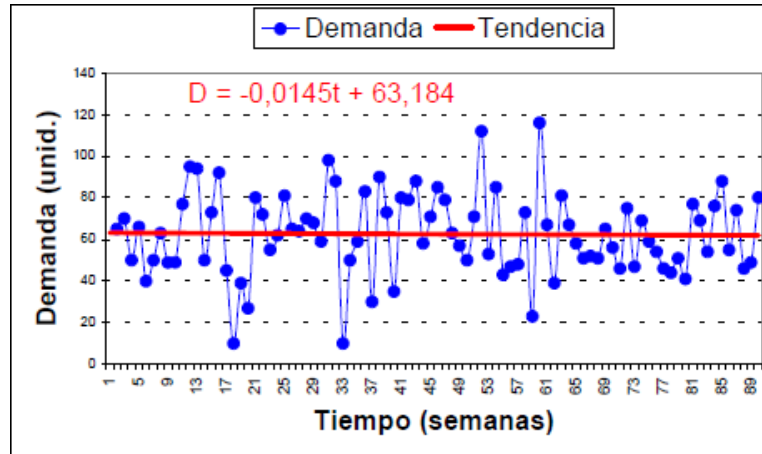
- El periodo del pronóstico referente a la unidad básica de tiempo para la cual se realiza el pronóstico en días, semanas, meses; esto dependerá de la naturaleza del proceso bajo estudio y de cómo se registren las transacciones (ventas, compras) en la organización.
- El horizonte de planeación del pronóstico siendo el número de periodos cobijados por el pronóstico a futuro.
- El intervalo del pronóstico referente a la frecuencia con la que se efectúan nuevos pronósticos o se actualizan.

La simulación del pronóstico se puede llevar a cabo cuando se dispone de suficientes datos históricos, esta simulación ayudará a la selección del sistema de pronóstico adecuado, comprende los siguientes pasos:

- Inicialización del sistema.
- Simulación del pronóstico.
- Optimización de los parámetros del modelo utilizado.
- Utilización del sistema de pronósticos en tiempo real.
- Seguimiento y administración del sistema empleado.

Un patrón de demanda es una secuenciación gráfica de la información historia de la demanda a través de un periodo de tiempo. Existen diversos tipos de patrones, a continuación, se exponen algunos:

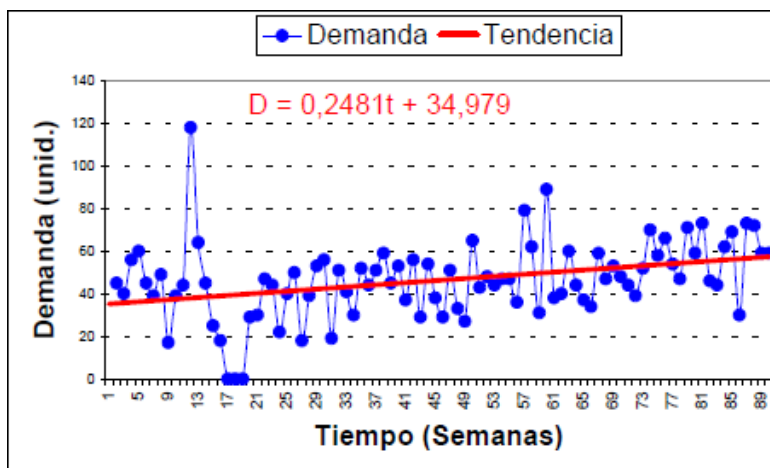
**Gráfica 3.** Demanda perpetua, estable o uniforme.



**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005)

Este patrón de demanda describe un comportamiento constante durante todos los periodos históricos pertenecientes al análisis, es decir, que su fluctuación permanece dentro de rangos no muy amplios. La gráfica muestra que los datos analizados se encuentran altamente correlacionados con una tendencia lineal.

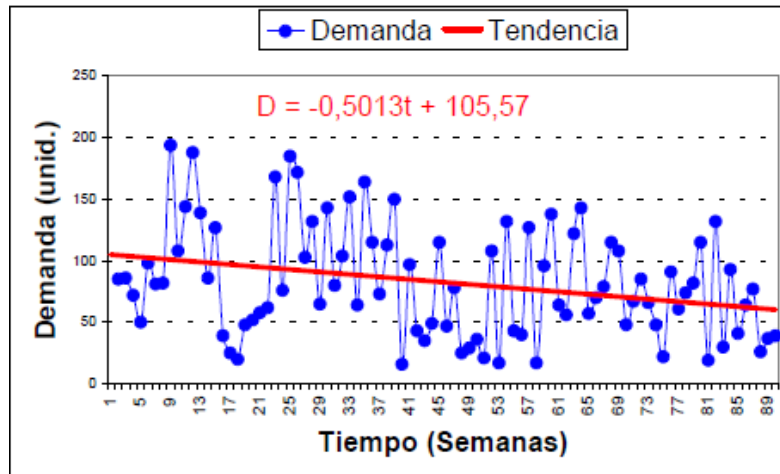
**Gráfica 4.** Demanda creciente.



**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005)

Este tipo de patrón de demanda presenta una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo, en la cual existe una tendencia al crecimiento de todos los datos históricos dispuestos en la gráfica.

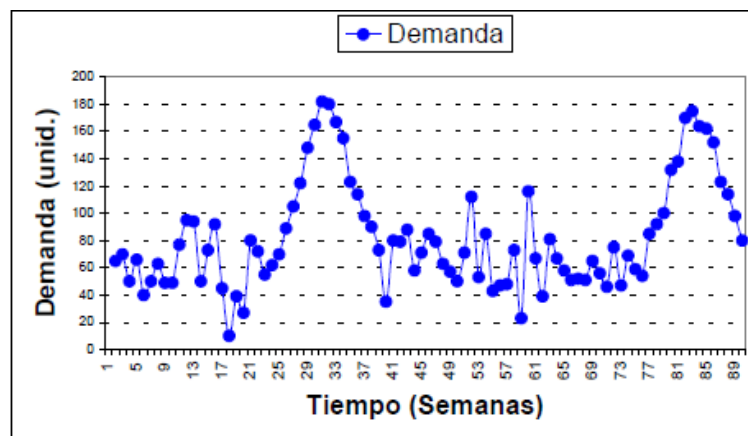
**Gráfica 5.** Demanda decreciente.



**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

Este tipo de patrón de demanda presenta una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo, en la cual existe una tendencia al decrecimiento de todos los datos históricos dispuestos en la gráfica.

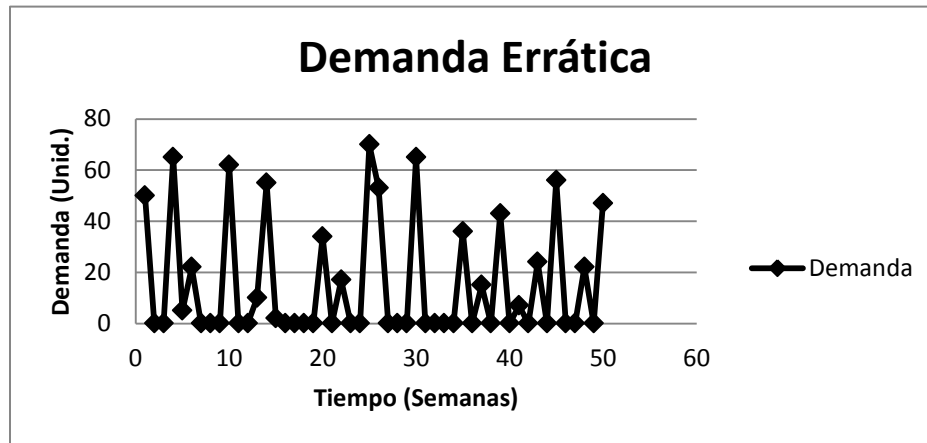
**Gráfica 6.** Demanda estacional o periódica.



**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

Este patrón de demanda describe productos que presentan un consumo ocasional durante ciertos periodos de tiempo, representado en la gráfica por medio de picos elevados o estaciones que aparecen a lo largo del lapso de tiempo considerado en el análisis. Luego la demanda de dichos productos describe un comportamiento de demanda estable.

**Gráfica 7.** Demanda errática



**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

Este tipo de demanda se caracteriza porque esta no precisa algún tipo de tendencia estacional en el consumo de los productos., haciéndose nula en un determinado periodo de tiempo. Por lo general poseen gran variación alrededor de su demanda promedio.

#### **5.4 Sistemas de pronósticos de demanda**

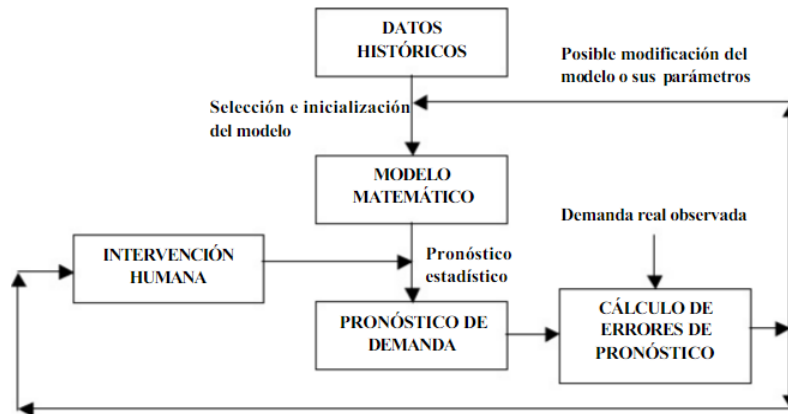
Los sistemas de pronosticos de la demanda son un medio fundamental para hacer frente a los requerimientos reales del mercado, ya sea en empresas del sector productivo, financiero, comercial o de servicios. Su aplicación en las organizaciones permite el cumplimiento de objetivos y mejoramiento de la competitividad.

(Everett E. Adam, 1991) Definen el pronóstico como un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.

##### **5.4.1 Ambiente general de un sistema de pronósticos**

El ambiente bajo el cual un sistema de pronósticos se desenvuelve generalmente, depende en gran medida por la calidad y fidelidad de los registros históricos de demanda, debido a que permiten una mejor selección del modelo a utilizar. De igual manera otro aspecto básico que siempre forma parte de un sistema de pronósticos es la intervención humana basada en la experiencia, con la cual se refinan los sugeridos brindados por el sistema. Finalmente, nótese la importancia de los errores de pronóstico, los cuales son la fuente de análisis para determinar la conveniencia del modelo utilizado (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). En el grafico 8 se presenta el ambiente general bajo el cual normalmente un sistema de pronósticos se desenvuelve.

**Gráfica 8.** Ambiente común de un sistema de pronósticos.



**Fuente:** (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005)

#### 5.4.2 Indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos

Un sistema de pronósticos es útil cuando permite hacer una buena toma de decisiones en el modelo de gestión de inventarios a utilizar (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). Los principales indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos son los siguientes:

- Precisión
- Costo
- Utilidad de los resultados
- Estabilidad y respuesta del sistema de pronósticos

La precisión de un sistema de pronóstico se mide con base en los errores de pronóstico, los cuales se calculan como la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico. El cálculo de este error solo puede hacerse después de conocer el valor real observado de la variable que se está estimando. El cálculo de este error se expresa mediante la expresión (5):

$$e_t = X_t - \hat{X}_t \quad (5)$$

Dónde:

$e_t$  = Error del pronostico de demanda para el periodo  $t$

$X_t$  = Valor real u observacion de la demanda en el periodo  $t$

$\hat{X}_t$  = Pronóstico de demanda para el periodo  $t$ , calculado en algún periodo anterior, generalmente en un periodo antes.

Existen otros medidores de variabilidad que han demostrado ser más efectivos que el anterior, son los siguientes:

$$\text{Error absoluto} = |e_t| = |X_t - \hat{X}_t| \quad (6)$$

$$\text{Error cuadrático} = e_t^2 = (X_t - \hat{X}_t)^2 \quad (7)$$

En caso de necesitar proporciones del error del pronóstico para determinar el valor en forma porcentual se utilizan estas ecuaciones:

$$\text{Error porcentual} = \text{APE} = 100 * \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \quad (8)$$

$$\text{Error porcentual} = \text{APE}' = 100 * \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{\hat{X}_t} \right| \quad (9)$$

De igual manera se necesita disponer de errores absolutos, cuadráticos o porcentuales para  $n$  periodos y de esta manera obtener el promedio de errores de los periodos. Se expresan entonces estos índices con las siguientes ecuaciones: MAD, MAPE, MAPE' y ECM respectivamente.

$$\text{MAD} = \text{Desviación Media Absoluta} = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - \hat{X}_t|}{n} \quad (10)$$

MAPE = Desviación Absoluta Porcentual Media

$$= \frac{100 * \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right|}{n} \quad (11)$$

MAPE' = Desviación Absoluta Porcentual Media

$$= \frac{100 * \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{\hat{X}_t} \right|}{n} \quad (12)$$



$$\text{ECM} = \text{Desviación Absoluta Porcentual Media} = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)^2}{n} \quad (13)$$

#### 5.4.3 Método de pronóstico de Promedio Movil

Es uno de los sistemas más simples, adecuado para patrones de demanda perpetua o estable con poca o ninguna tendencia (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). El modelo para este sistema de pronóstico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$X_t = b + \varepsilon_t \quad (14)$$

Dónde:

$X_t$  = Valor real u observación de la demanda en el periodo t

b = Una constante que representa el proceso de demanda uniforme que se lleva a cabo

$\varepsilon_t$  = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza  $\sigma_\varepsilon^2 > 0$  desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

#### 5.4.4 Método de pronostico suavización exponencial simple

Este sistema es utilizado cuando se requiere reaccionar rápidamente a un cambio en el patrón de demanda y análogamente cuando es importante la estabilidad del sistema de pronóstico (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). En este sistema se estima el parámetro b para luego definir un inventario de seguridad que responda a las variaciones aleatorias representadas por  $\varepsilon_t$ . Para la última observación de demanda el sistema aplica un peso  $\alpha$  y un peso  $(1 - \alpha)$ ; este sistema es adecuado para demanda perpetua, estable o uniforme. Su aplicación es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$S_T = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{T-1} \quad (14)$$

Dónde:

$S_T$  = Pronóstico realizado al periodo T, o sea la estimación del parámetro b

realizada al final del periodo  $T - 1$

$S_{T-1}$  = Pronóstico anterior, es decir, la estimación del parámetro  $b$  realizada al final del periodo  $T - 1$

$X_t$  = Demanda real observada al final del periodo actual  $T$

$\alpha$  = Constante de suavización (inicialmente definida en el intervalo  $0 \leq \alpha \leq 1$ )

#### **5.4.5 Método de pronóstico suavización exponencial doble**

El método de pronóstico de suavización exponencial doble incluye las tendencias crecientes o decrecientes de la demanda (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). En él se incluye la estimación de los parámetros  $b_1$  y  $b_2$  (componente constante y de tendencia respectivamente) para lograr hacer el pronóstico de demandas futuras. El método se expresa mediante la siguiente expresión:

$$X_t = b_1 + b_2 + \varepsilon_t \quad (15)$$

Dónde:

$X_t$  = Valor real uobservación de la demanda en el periodo  $t$

$b_1$  = Valor que representa la componente constante de la demanda

$b_2$  = Valor que representa la componente de tendencia de la demanda (creciente o decreciente, de acuerdo a su signo.

$\varepsilon_t$  = Una varialbe aleatoria normal con media cero y varianza  $\sigma_\varepsilon^2 > 0$  desconocida. Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar.

#### **5.4.6 Modelo de pronósticos de Croston**

Este modelo es adecuado para productos que posean una demanda errática o irregular con grandes fluctuaciones (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). El sistema de pronóstico de Croston se calcula de la siguiente forma:

$$\hat{x}_t = \frac{\hat{Z}_t}{\hat{n}_t} \quad (17)$$

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1} \quad (19)$$

$$\hat{Z}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)\hat{Z}_{t-1} \quad (18)$$

Dónde:

$x_t$  = Demanda observada en el periodo t

$y_t$  = Variable binaria igual a 1 si ocurre una demanda mayor que cero en el período t; igual a cero de lo contrario.

$Z_t = x_t * y_t$  = Tamaño de la demanda ocurrida en el periodo t

$n_t$  = Numero de periodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero hasta el periodo t

$\hat{n}_t$  = Valor estimado de n al final del periodo t

$\hat{Z}_t$  = Valor estimado de z al final del periodo t

#### 5.4.7 Métodos para el cálculo del tamaño de lote

La determinación del tamaño de lote depende del tipo de demanda que se presente (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005). Estas demandas pueden ser:

- ❖ Demanda conocida y constante: No se presenta comúnmente en los casos cotidianos o reales, pero es de fácil manejo.
- ❖ Demanda determinística: Es variable, pero se puede conocer con anterioridad, en la mayoría de casos se presenta cuando existen contratos previamente establecidos.

- ❖ Demanda probabilística o aleatoria: Es el caso más común en la realidad de las organizaciones, pero a su vez es la más complicada de controlar, su comportamiento está determinado por una distribución de probabilidad.

#### 5.4.8 Cálculo del tamaño de lote para demanda determinística.

##### a. Modelo básico del lote económico de pedido (EOQ)

Este modelo busca encontrar el monto de pedido que minimice el costo total del inventario de la empresa (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

El modelo funciona con las siguientes suposiciones:

- El patrón de demanda es constante y conocido con certeza.
- No se consideran descuentos en los precios de compra y/o transporte.
- La cantidad de pedidos no necesita ser un número entero o un múltiplo de algún número entero.
- Todos los parámetros de costo son estacionarios o sea que no varían significativamente con el tiempo (se consideran bajas tasas de inflación).
- El ítem se trata de forma independiente de otros ítems.
- La tasa de reposición es infinita o, equivalentemente, el lead time es cero, y toda la orden completa es recibida cada vez que se ordene.
- No se consideran órdenes pendientes.

La función que describe el EOQ se muestra a continuación:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} \quad (21)$$

Dónde:

$A$  = Costo de ordenamiento (\$/Orden).

$D$  = Demanda promedio (unidades/año).

$v$  = Valor unitario del ítem (\$/unidad).

$r$  = Costo de mantener el inventario (%/periodo)

El modelo del EOQ indica el tamaño de pedido que debe realizarse cada que la suma de las demandas agoten el inventario existente y no permitan satisfacer completamente la demanda del periodo siguiente. Pero esto no es una camisa de fuerza u obligación, debido a que el modelo tiene algunas modificaciones que son adecuadas dependiendo del caso, es decir, las modificaciones se efectúan pidiendo por exceso o por defecto valores cercanos al *EOQ*, lo que pretenden estas transformaciones es minimizar el costo total relevante del tamaño de pedido.

#### **b. Un solo pedido al comienzo del horizonte**

Mediante este método se realiza un único pedido que resulta equivalente a la suma de todas las demandas que se realizaran durante el periodo planeado. Debido a que se realiza un único pedido, se elevan los costos del inventario relacionados con el almacenamiento de los ítems por el periodo de tiempo de estadía y se disminuyan los costos de ordenamiento ya que solo se realiza una orden durante todo el horizonte de planeación (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

#### **c. Modelo lote a lote**

Este método propone realizar una orden de pedido para cada periodo, es decir, ejecutar una preparación de orden igual a la cantidad de la demanda para el respectivo periodo.

También debe contemplarse la posibilidad de que los costos de mantenimiento del inventario son bajos por los pocos días de los ítems en el almacén y los costos de ordenamiento serán más elevados por el número repetitivo de órdenes de pedido (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

### **5.4.9 Sistemas de control del inventario.**

Según (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) un adecuado sistema de gestión y control de inventarios debe de responder con claridad a las siguientes preguntas: ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario?, ¿Cuándo debe realizarse el pedido del ítem? y ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada requisición? Es importante también aclarar que para elegir el método adecuado de control de inventarios existen diferentes tipos de demanda.

Para la conceptualización de los sistemas de control de inventarios se hace necesario tener claro los siguientes aspectos:

Según (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) un adecuado sistema de gestión y control de inventarios debe de responder con claridad a las siguientes

preguntas: ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario?, ¿Cuándo debe realizarse el pedido del ítem? Y ¿Qué cantidad ordenarse en cada requisición? Es importante también aclarar que para elegir el método adecuado de control de inventarios existen diferentes tipos de demanda.

Para la conceptualización de los sistemas de control de inventarios se hace necesario tener claro los siguientes aspectos:

- Inventario efectivo = Inventario a la mano (19)

+ (Pedidos pendientes por llegar)

– (Requisiciones pendientes de entregar o

comprometidas con los clientes)

Donde el inventario a la mano es el inventario físico que se encuentra en el almacén o bodega, mientras el inventario efectivo es un inventario virtual, llevado en diversas bases de datos.

- Una de las preguntas a las que responde un sistema de control de inventario es ¿con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario efectivo?, y la respuesta a este interrogante se encuentra enmarcada entre dos sistemas básicos, la revisión continua y periódica. La siguiente tabla (tabla 4) explica cada uno de los métodos de una manera comparativa.

**Tabla 4.** Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.

Revisión continua	Revisión Periódica
Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultanea	Permite Coordinar ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas, por ejemplo, cuando se le compra al mismo proveedor.
La carga laboral es poco predecible, ya que no sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido, ya que se sabe cuándo va a ocurrir.
La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para	La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que, en general, es

ítems de alto movimiento.	menos frecuente.
Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.	Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica (Protección sobre $L$ )	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua (Protección sobre $R + L$ )

**Fuente:** (Vidal Holguín, 2010)

- Cálculo del inventario de seguridad considerando la variabilidad de la demanda:

$$\text{Inventario de Seguridad IS} = k\sigma_L = k\sigma_1\sqrt{L} \quad \text{Sist. continuo (s, Q)} \quad (20)$$

$$\text{Inventario de Seguridad IS} = k\sigma_{L+R} = k\sigma_1\sqrt{L+R} \quad \text{Sist. periódico (R, S)} \quad (21)$$

Dónde:

$k$  = Factor de seguridad dependiente del nivel de servicio deseado.

$L$  = Tiempo de reposición.

$R$  = Intervalo de revisión del nivel de inventario.

$\sigma_L$  = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total, en un periodo de duración  $L$ .

$\sigma_{L+R}$  = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total, en un periodo de duración  $L + R$  ..

#### **5.4.9.1 Sistema de control continuo (s,Q)**

En este sistema cada vez que el inventario efectivo sea igual o menor al punto de reorden ( $s$ ), se ordena una cantidad fija  $Q$ , ajustándola hasta que sea mayor a la demanda promedio durante el tiempo de reposición. Su principal ventaja es que la cantidad  $Q$  a ordenar

minimiza posibles errores en el pedido y facilita la administración de los mismos (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

#### **5.4.9.2 Sistema de control continuo ( $s, S$ )**

Para este sistema, cada vez que el inventario efectivo sea igual o inferior al punto de reorden ( $s$ ) se ordena una cantidad tal que eleve el inventario efectivo al mismo nivel del inventario máximo ( $S$ ). Las cantidades a ordenar pueden variar entre periodos, pues depende del inventario efectivo y el inventario máximo en cada periodo (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

#### **5.4.9.3 Sistema periódico ( $R, S$ )**

En este sistema se revisa el inventario efectivo cada  $R$  unidades de tiempo, y se ordena una cantidad tal que eleve el inventario efectivo al nivel del inventario máximo. Con la aplicación de este sistema las organizaciones no pueden saber concretamente cuál es su nivel de inventario, ni cuánto es el costo de los productos vendidos en cualquier momento; únicamente lo sabrá cada  $R$  unidades de tiempo que se revise físicamente (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

Según (Ballou, 2004) la principal ventaja en solicitar varios artículos al mismo tiempo y en el mismo pedido, se manifiesta en ganancias económicas, ya sea por ser proporcionados por el mismo proveedor, por el medio de transporte, por ser fabricados en la misma línea de manufactura, u otras razones. Además, implica determinar un tiempo de revisión del inventario común para todos los artículos.

#### **5.4.9.4 Sistema periódico ( $R, s, S$ )**

(Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) Define este sistema como “un sistema de control híbrido”, pues este combina el sistema continuo ( $s, S$ ) y el periódico ( $R, S$ ), y consiste en que cada  $R$  unidades de tiempo se revise el inventario efectivo. Si el inventario efectivo es menor o igual que el punto de reorden ( $s$ ), se realiza una orden de pedido por una cantidad tal que eleve el nivel de inventario hasta el nivel máximo  $S$ , de lo contrario si el inventario efectivo es mayor que  $s$ , no se realiza ningún pedido hasta la próxima revisión, en el periodo  $R$  siguiente.

#### **5.4.9.5 Control min-máx de inventario de ítems con demanda errática**

(Ballou, 2004) Expresa que este sistema puede adaptarse a ítems de bajo movimiento considerando las siguientes situaciones:



Declarando la demanda como errática luego de verificar mediante técnicas de pronósticos que el coeficiente de variación es mayor que 1.

### **Calculando el tamaño de la Orden $Q$ .**

Hallando el déficit esperado  $u$ , siendo la mitad de la diferencia entre el inventario inicial y final a la mano, ajustando el punto de reorden antes de que caiga por debajo del inventario a la mano. Es decir, que a la demanda durante el tiempo de reposición se le suma el inventario de seguridad del punto de reorden  $s$  y la caída esperada  $u$  por debajo del punto de reorden.

Calcular el nivel máximo de inventario  $S = s + Q - u$ . y posteriormente ejecute normalmente el control de inventario.

## **6 METODOLOGIA**

La parte inicial del proyecto comprende la observación de la organización como un sistema, analizar todas las etapas de los procesos, de este modo se logrará visualizar oportunidades de mejora en lo que el campo de acción del control de inventario abarca, para lograr alcanzar el primer objetivo, se realizará un acercamiento a las instalaciones de la comercializadora, para obtener información tal como el costo de almacenamiento, debido a la gran cantidad de ítems que maneja la empresa, se buscará agrupar los ítems con características en común, para identificar variables influyentes, en los costos de almacenamiento y el tipo de ítem en el cual se clasificara.

Al este tipo de organizaciones tener un gran portafolio de productos es necesario acotar la cantidad de ítems, esto se hace aplicando el método ABC simple en el cual se descartan productos que no tienen casi rotación en el mercado que se encuentra la empresa. Posteriormente se aplica el método ABC multicriterio a los ítems clase A que permitirá identificar que ítems, que son más demandados por los clientes o dejan un mayor margen utilidad en la empresa y que son dependientes de un producto de esta clase, aplicando este método con información proporcionada por la empresa se fundamentara la política de inventario para brindar un servicio de mayor calidad con un costo de inventario mínimo.

Para dar cumplimiento al tercer objetivo, se trabajará con información histórica de demanda de los ítems definidos en el punto anterior, con el método de pronóstico que más se adapte al patrón que está presente, obteniendo de este un mínimo error cuadrático medio, que es el que me representa valores que más se ajustan a la demanda real.

Con la información obtenida del desarrollo de los tres primeros objetivos específicos se puede ejecutar el cuarto y último que nos permite alcanzar el objetivo general, se propone una política de inventario, que nos dé respuesta a la cantidad de pedido de los ítems clase A, el momento de reordena, teniendo en cuenta el lead times, y el respectivo inventario de seguridad para cada producto de esta clase. La política de control de inventario se probará en diferentes escenarios con alguna herramienta de simulación, que permitirán analizar el comportamiento de la política ante los cambios del sistema. La calidad de la política de control de inventario está enlazada a la certeza de la información proporcionada por la comercializadora, y la ejecución adecuada de los objetivos específicos. La implementación permitirá maximizar el nivel de servicio al cliente y el costo representado por la tenencia de inventarios.

## **7 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EXISTENTE EN LA EMPRESA CASO ESTUDIO**

### **7.1 DIAGNÓSTICO EMPRESA CASO ESTUDIO**

Dependiendo del criterio, las empresas se pueden clasificar de la siguiente manera:

**Tabla 5.** Identificación tipo de empresa

<b>EL SECTOR ECONÓMICO QUE OPERAN</b>	
<b>Empresas Comerciales</b>	Aquellas que se dedican a la compra y venta de bienes.
<b>Empresas Manufactureras</b>	Aquellas que se dedican a la transformación de materias primas en productos elaborados y semi-elaborados.
<b>Empresas Agropecuarias</b>	Aquellos que se dedican a la agricultura y crianza de animales
<b>Empresas Extractoras</b>	Aquellos que se dedican a la extracción de recursos y minerales del suelo.
<b>Empresas de Servicios</b>	Aquellas que se dedican a la prestación de servicios.

**Fuente:** Los Autores 2017

**Tabla 6.** Naturaleza de las actividades

<b>NATURALEZA DE ACTIVIDADES</b>	
<b>Importadoras</b>	Aquellas que compran bienes en otros países para comercializarlos en el mercado nacional
<b>Exportadoras</b>	Aquellas que venden bienes de producción nacional en mercados de otros países.

<b>Distribuidoras</b>	Aquellos que se dedican a la compra de bienes al por mayor para venderlos a empresas más pequeñas que tienen contacto con el consumidor final
-----------------------	---

**Fuente: Los Autores 2017**

**Tabla 7.** Volumen de operarios

<b>VOLUMEN DE OPERARIOS</b>	
<b>Gran empresa</b>	Aquellas que se dedican a la producción, comercialización, o brinda servicios en gran escala; suele tener más de 100 trabajadores y grandes recursos.
<b>Mediana empresa</b>	Aquellas que venden sus productos o servicios en menor escala, conformada por menos de 100 trabajadores.
<b>Pequeña empresa</b>	Aquellas que tienen máximo 20 trabajadores, se dedican a la venta de bienes o servicios destinados al consumidor final.

**Fuente: Los Autores 2017**

## **7.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “FERRETERIA LA NUEVA”**

FERRETERIA LA NUEVA es una pequeña empresa comercializadora- distribuidora privada, perteneciente a un grupo de personas que forma una persona jurídica y aportan el capital para realizar las actividades comerciales el cual lleva más de 20 años en el mercado dedicada la venta de artículos para el bricolaje la construcción y necesidades para el hogar, que a través de los años se ha ido abriendo camino en el mercado convirtiéndose en una de las empresas fuertes en la región del norte del valle del cauca, tal así que en el 2010 deciden remodelar y ampliar sus instalaciones con el fin de garantizar el mayor nivel del servicio al menor costo de operación.

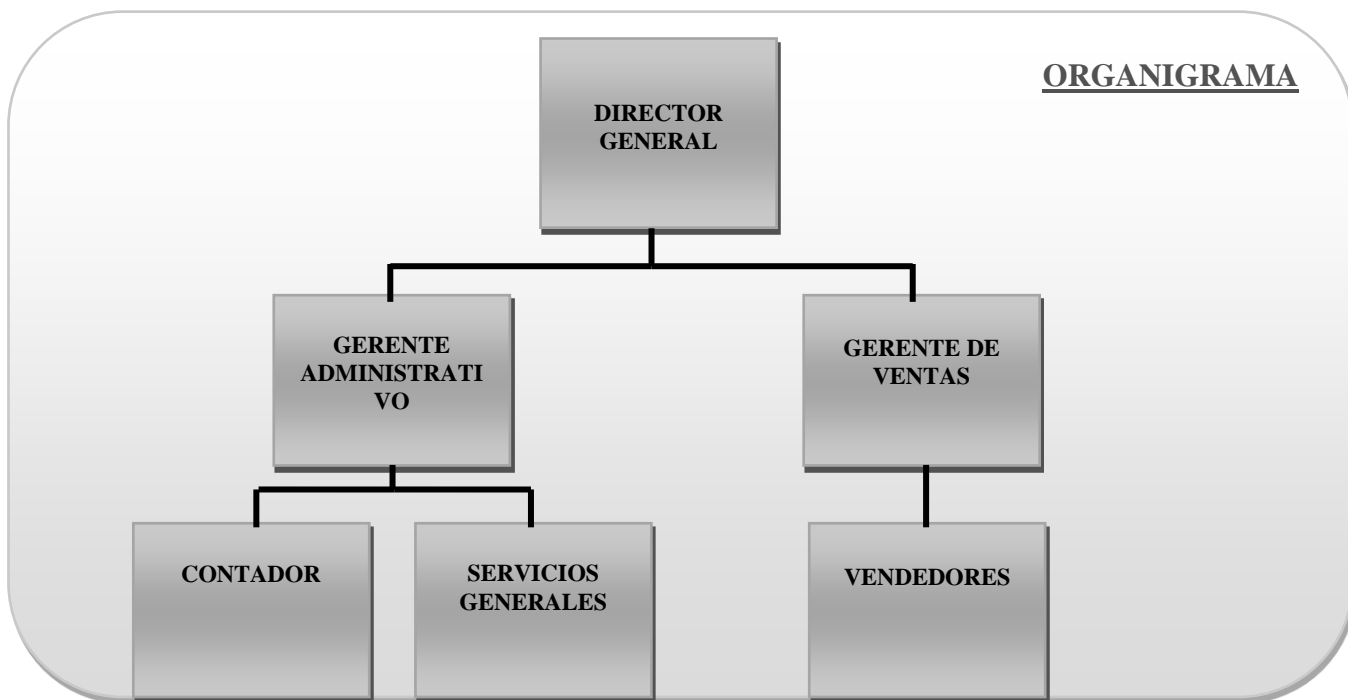
## **7.3 PLAN DE DESARROLLO ORGANIZACIONAL**

La empresa caso estudio tiene claramente definido sus objetivos:

- Misión: Ser una empresa que trabaja para brindar a sus clientes la mayor diversidad en materiales de construcción en general, bajo premisas de precio, calidad y servicio acorde a las exigencias del mercado
- Visión: Mantener un solido posicionamiento y liderazgo comercial en cuanto a la venta de material para la construcción y ferretería en general.
- Objetivos: Ser eficaz a nuestro clientes logrando utilidad

## 7.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

**Gráfica 9.** Organigrama de la Empresa Caso de Estudio.



**Fuente:** Los Autores 2017

## 7.5 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMRPESA

FERRETERIA LA NUEVA es una empresa donde actualmente laboran 15 empleados, divididos en cada una de sus funciones correspondientes. Dentro de la ferretería se maneja una variedad de 2200 ítems los cuales incluyen todo tipo de artículos para el hogar y bricolaje, donde su mayoría son adquiridos por proveedores nacionales y representantes de algunas marcas.

El diagnóstico realizado nos permitió recolectar una serie de información para realizar el análisis de las diferentes áreas de la empresa estudio con el propósito de identificar situaciones y características que influyan en la toma de decisiones que generan impactos sobre el sistema de inventario que posee la empresa.

Esta tarea permite identificar algunas características que influyen directamente en el proceso de la comercializadora

- Clasificación de los productos
- Distribución física de la bodega
- Relación con proveedores
- Políticas de inventario

## CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

La empresa vende un total de 2.220 productos, los cuales se pueden clasificar en seis categorías: Construcción, Eléctricos, Ferretería, Herramientas, Pinturas, Plomería y Repuestos. En la siguiente lista se muestra los tipos de producto que comercializa la empresa caso de estudio.

**Tabla 8.** Productos que comercializa la empresa caso de estudio.

CATEGORÍA	PORCENTAJE	Ítems	COSTO
<b>Ferretería y construcción</b>	48%	1066	\$ 596.920.293,12
<b>plomería y Cerrajería</b>	23%	511	\$ 286.024.307,12
<b>Herramientas</b>	12%	267	\$ 149.230.073,28
<b>Pinturas</b>	8%	177	\$ 99.486.715,52
<b>Repuestos</b>	7%	155	\$ 87.050.876,08
<b>Eléctricos</b>	2%	44	\$ 24.871.678,88

**Fuente:** Los Autores basándose en la información suministrada por la empresa caso de estudio.

Para la clasificación de los productos la empresa cuenta con unos indicadores porcentuales estimados de los productos. En la tabla anterior vemos que los productos de ferretería y construcción representan un alto porcentaje en el stock aproximadamente la mitad. Durante el periodo de análisis se observaron productos que no tienen salida, sus ventas fueron de una (1) unidad durante los doce meses y hubo otros de los cuales no se vendió ninguna unidad. Estos productos representan pérdidas para la empresa, debido a los costos en los que se incurre por almacenamiento; a parte del espacio que ocupan, en bodega, que bien podría ser utilizado para almacenar otros productos que sean más rentables para la empresa

## DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA BODEGA

La empresa cuenta con un área de almacenamiento propio, aproximado de 1600m<sup>2</sup> donde las prácticas de almacenamiento se realiza en estanterías para artículos de tamaño considerables y en arrumes para otro tipo de productos con un mayor tamaño y pesaje, considerando que este espacio es insuficiente debido al desorden que se presenta en el lugar

o falta de estandarización de los mismos que no generan un aprovechamiento total de los espacios en la bodega a esto agregándole que no se cuenta con un sitio ideal para el descargue continuo de los materiales o productos que llegan, generando inconformidades en la vía pública.

## RELACION CON PROVEEDORES

No existen métodos estandarizados para la selección de proveedores, sólo se tienen en cuenta factores como el precio y la forma de pago principalmente, así como la calidad pero de forma secundaria. No se tienen en cuenta otros factores mucho más relevantes como el servicio post venta, la experiencia y reputación del proveedor, el servicio al cliente entre otros.

En relación a los proveedores, la empresa en estudio cuenta con un catálogo de proveedores nacionales, el cual permite hacer un análisis del mismo sobre los precios más bajos de ventas y precio y las oportunidades que hay en el mercado, como liquidaciones de la DIAN para comprar la mercancía.

**Tabla 9.** Proveedores de la empresa caso de estudio.

PROVEEDORES DE MERCANCIA	CIUDAD	LEAD TIME DIAS
AGROFER S.A.S	BOGOTA	5
AGROFER ETB S.A.S	BOGOTA	5
AJOVER S.A.S	BOGOTA	6
ALAMBRES Y MALLAS S.A.	BOGOTA	4
ALLEGION COLOMBIA S.A.S	BOGOTA	6
ALMACEN PARÍS S.A	MANIZALES	4
ALAMCE SANITARIO DEL Q	BOGOTA	5
ARC DISTRIBUCIONES S.A.S.	CALI	2
ARMETALES S.A.	ARMENIA	3
BALLESTEROS RÍOS FERNAN	TULUA	1
CHATARRERÍA MUNDIAL S.A.S	CALI	2
CEMENTOS ARGOS S.A.	MEDELLIN	2
CEMEX COLOMBIA S.A.	BOGOTA	4
COMERCIAL CALDAS S.A.	MANIZALES	4
COMERCIALIZADORA E IMPO	BOGOTA	6
COMERCIALIZACORA LID	CALI	1
CONSTRUMIL LTDA	BOGOTA	7
DISTRIBUCIONES AGROPECU	CARTAGO	1
DISTRIBUCIONES PVC S.A.S.	CALI	1
DURAMAN COLOMBIA S.A.S.	BOGOTA	7

ESTRADA JAIME ALBERTO	CALI	1
FABRICA DE LÁMPARAS E I	BARRANQUILLA	8
FAJOBE S.A.S	CALI	2
FEDUSE S.A.	YUMBO	1
FERRECOSTA S.A.S	PEREIRA	2
FERRETERÍA MULTIALAMBRE	CALI	3
FERROALUMINIOS S.A.S.	CALI	1
FERROELECTRICOS JJ S.A.S.	PEREIRA	1
FLORES PRIETO MARIO	ARMENIA	1
FULLER PINTO S.A.	BOGOTA	4
GOMAR .S.A.	IGAGUE	3
GORDON CALLER ORLANDO	MEDELLIN	1
GRUPO CEMPAC S.A.S.	PEREIRA	1
GYJ FERRETERÍAS S.A.	PEREIRA	1
HEXION QUÍMICA S.A.	YUMBO	1
HIERRS DE OCCIDENTE FE	BOGOTA	5
HIFER S.A.	ARMENIA	1
ICL S.A.S.	YUMBO	1
IDEASE INDUSTRIAS DE A	ITAGUI	4
IMPORTACIONES FERREMAX	CALI	1
IMPORTADORA DE FERRETER	CALI	1
INDUSTRIAS KENT Y SORRE	MEDELLIN	3
INDUSTRIAS YILOP DE COL	CALI	1
INTERNACIONAL DE ELECTR	BARRANQUILLA	8
INVERSIONES FZZ S.A.S.	MANIZALES	3
INVEA S.A.	CALI	1
LADRILLERA SANTA FE	CALI	1
MAPEI COLOMBIA S.A.S.	MEDELLIN	5
MARIN MOLINA JESUS MARI	BUGA	1
MARPICO S.A.	BOGOTA	6
MATERIALES EMO S.A.S.	CALI	1
MERCOMER S.A.S.	PEREIRA	1
MIGUEL GOMEZ Y CIA S.A.S	MEDELLIN	4
MINERALES BOGOTA S.A.S	BOGOTA	5
MOTATO VINASCO DIANA	ZARZAL	1
MUNERA CÉSPEDES YHON	CALI	1
NESTOR BRAVO S.A.	PEREIRA	1
NUEVA CERÁMICA S.A.S.	ZARZAL	1
PALACIO CARLOS FERNANDO	MANIZALES	1
PATRIMONIO AUTÓNOMO FC	MANIZALES	3
PELAEZ MARULANDA ANDRES	BUGA	1
PEREZ DIEGO HUMBERTO	CALI	1
PRODUCTORA DE MANTOS I	MEDELLIN	4

RECIPELET S.A.S.	ARMENIA	1
REPARES S.A.	ITAGUI	4
RG DISTRIBUCIONES S.A.	PEREIRA	4
RIVEROS RESTREPO HUGO A	ZARZAL	1
ROTOPLAS S.A.	PASTO	10
RUBIANO ALVAREZ JOHNY	CALI	2
SIDERÚRGICA DEL OCCIDEN	YUMBO	1
SIERRA GONZALES ABSALON	BUGA	1
SKINCO COLOMBIT S.A.	BOGOTA	5
SOCIEDAD FERRETES DE C	BOGOTA	5
SUMATEC S.A.	CALI	1
SUPERMERCADO AGROPECUAR	MEDELLIN	5
TERNIUM COLOMBIA	MEDELLIN	4
TOBAR REYES GERARDO ARN	CARTAGO	1
TREFILADOS DE COLOMBIA	BOGOTA	4
TUBINANSA S.A.S.	BARRANQUILLA	7
TUBOSA S.A.S	YUMBO	1
ZULUAGA B NORBERTO	PEREIRA	1

**Fuente:** Los Autores, basándose en información suministrada por la empresa caso de estudio.

## POLITICA DE INVENTARIO

Actualmente la empresa cuenta con un sistema de inventario que ha mejorado en los últimos años pero se puede calificar como obsoleto y se pueden implementar otras medidas para mejor la gestión de inventarios que es el objetivo de este estudio. El abastecimiento que se tiene se basa en el modelo de stocks mínimos, modelo implementado por el gerente de la empresa y el encargado de bodega, en base a la experiencia y al comportamiento del mercado; a pesar de los métodos que usan permanentemente, la variación de demanda en diferentes periodos del año es el principal obstáculo en la administración del inventario, debido a que genera excesos de inventario, que traen consigo medidas tales como estimular el mercado a través de promociones, o déficit que no se pueden solucionar de forma inmediata debido al lead time.

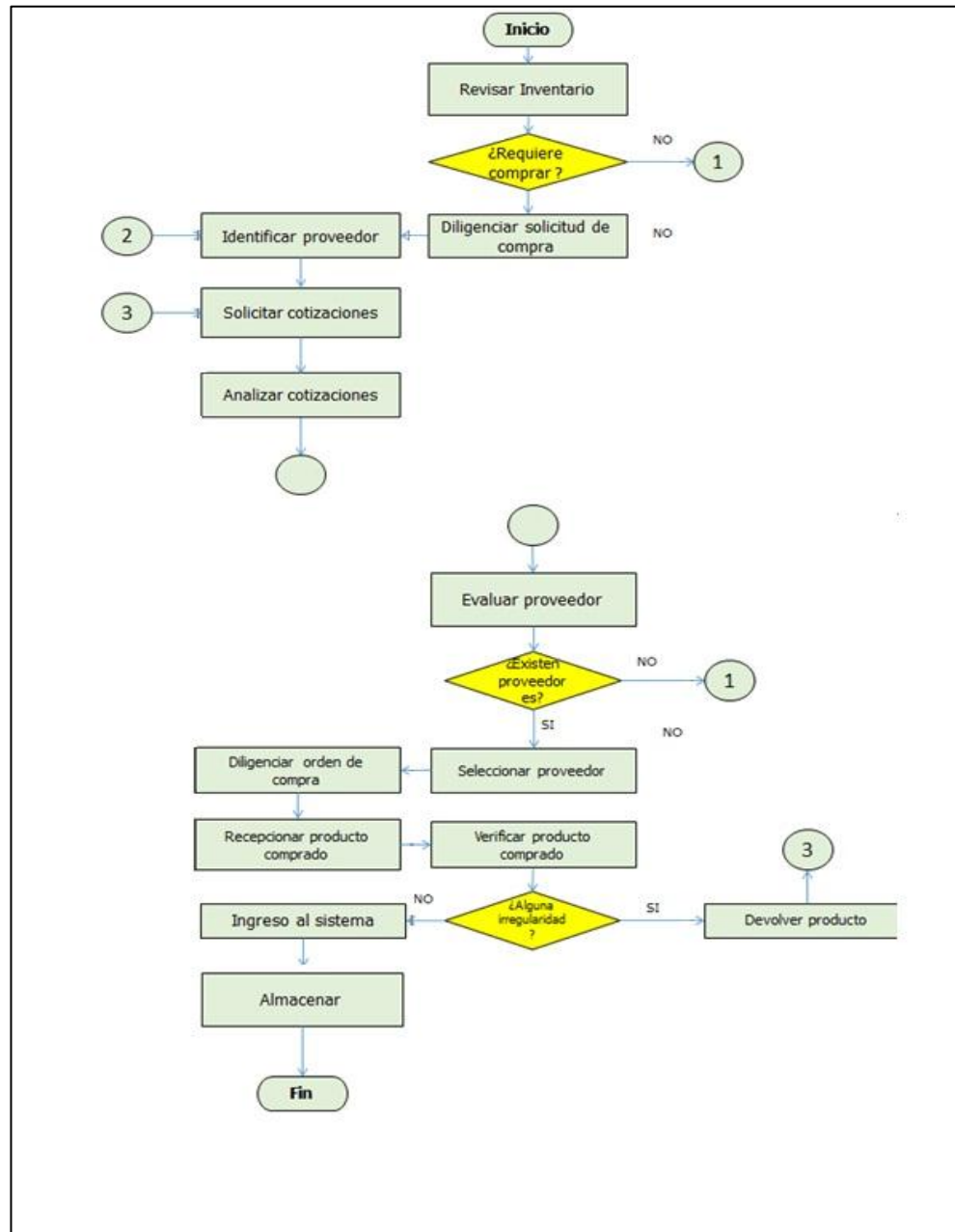
En el momento en el que se detecta el mínimo de productos y en la estantería se identifica faltantes, esta tarea se realiza a ojo, una vez hecha la identificación la gestión a realizar, se diligencia el formulario especificando las características si es faltante o el producto mínimo.

La siguiente tarea es la del encargado de ventas que identifica el proveedor, analizar y evaluar solicitando cotizaciones para comparar el precio de compra más bajo. Dependiente del lead time que maneja cada proveedor se espera la mercancía, se recepciona en la



almacén para ser evaluada por el encargado de la bodega siendo muy crítico en el estado que llega, si se logra identificar alguna no conformidad por parte de la empresa se pone en contacto con el proveedor para realizar el debido proceso; por otra parte si el producto llega en estado óptimo esperado, se ingresa al sistema para identificar su existencia y se pasa a las estantería para esperar sus ventas.

**Gráfica 10.** Diagrama flujo



**Fuente:** Los Autores 2017

## 8 CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ITEM EMPRESA CASO ESTUDIO

Se procede con la clasificación de los productos basándose en los registros de ventas de la empresa en los 12 meses del año 2016, a partir de los registros de participación de los productos en los niveles de venta se pudo establecer una clasificación de acuerdo a su importancia a través del sistema de clasificación de inventarios ABC, los productos fueron ubicados en los grupos A, B o C dependiendo del nivel de ventas totales que tuvieron en los doce meses del 2016. Se analizaron 2220 ítems el cual nos permite identificar los productos con mayor rotación durante el periodo de análisis, que fueron los que tuvieron mayor cantidad vendida y los que representan un mayor ingreso para la empresa, estos ítems clase A son un total de 283 que representa el 12,74 % del stock de la empresa, pero si lo representamos en cuanto a ventas totales representa el 65,91% con un total de \$ 819.89.112 durante los 12 meses del estudio.

## 9 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO

### **Analytic Hierarchy Process (AHP)**

Para la construcción de la clasificación en la empresa objeto de estudio mediante la técnica multicriterio AHP se realizó el siguiente proceso, primero se definieron los criterios relevantes, luego mediante la encuesta realizada a algunas personas de la compañía se encontró la preferencia relativa de cada criterio y posteriormente para cada repuesto se realizó una valoración de importancia por criterio, encontrando finalmente un puntaje, que es el valor que sirve como base para determinar la clasificación. A continuación, se describen en detalle cada uno de los pasos realizados en este proceso.

**Selección de Criterios Relevantes.** En la selección de los criterios, se tomó inicialmente la propuesta planteada por (Partovi & Burton, 1993), donde se identificaron los siguientes: satisfacción del mercado, tiempo de reposición, costo, dificultad de reposición, volumen requerido, obsolescencia, nivel de servicio, demanda, calidad y eficiencia de la máquina; luego en una reunión realizada con un experto en repuestos (jefe de almacén) se seleccionaron y se definieron de estos los siguientes:

- Criticidad (consecuencia de fallo): Impacto que se genera en caso de que el repuesto falle y no esté disponible en el inventario. Definido por el jefe de almacén de la empresa
- Costo: Valor unitario del producto. (Silver, Pyke, & Peterson, 1998)
- Lead Time: Es el tiempo que transcurre desde que se produce un producto hasta que llega al cliente.

- Utilidad: La utilidad es la medida de satisfacción por la cual un objeto o producto tiene la condición de valor útil

Diversos autores como Toro y Bastidas (2011), Castro, et al (2011), Alor, et al (2014) aseguran que estos criterios son algunos de los más recomendados para empresas comercializadoras.

### **Establecimiento de las preferencias relativas para cada criterio Prioridad:**

Para encontrar las preferencias relativas se realizó un proceso en el que se involucró la opinión de diez personas de la compañía de diferentes áreas, mediante el desarrollo de una encuesta, la cual consistió en realizar una comparación por parejas con el fin de obtener los datos de entrada para la matriz de comparación de criterios. Los resultados de las encuestas aplicadas se presentan en la siguiente tabla el cual muestra las respuestas dadas por cada persona versus cada pareja de criterios, por ejemplo, vendedor 1 contestó en la encuesta que la criticidad tiene una preferencia en extremo (9) con respecto al costo, el valor de NA, significa que el encuestado no sabe con certeza qué responder.

**Tabla 10.** Valores para encuesta.

ESCALA	GRADO DE PREFERENCIA
1	Igual preferencia
3	Moderada preferencia
5	Fuerte preferencia
7	Muy fuertemente preferible
9	Extremadamente preferible
2,4,6,8	Intermedios

**Fuente:** Método Multicriterio

**Tabla 11.** Encuesta

	PAREJAS DE CRITERIOS					
	CRITICIDAD	CRITICIDAD	CRITICIDAD	COSTO	COSTO	LEAD TIME
CARGOS	COSTO	LEAD TIME	UTILIDAD	LEAD TIME	UTILIDAD	UTILIDAD
Administrado	9	9	1/9	7	9	7
Vendedor 1	9	7	7	3	7	9
Vendedor 2	7	7	7	1/7	7	5
Verdedor 3	5	5	9	7	5	7
Contador	1/5	5	7	7	5	5
Gerente	9	7	5	5	9	7
Jefe de Almacén	9	7	1/7	7	7	7
Jefe de compras	9	7	7	5	7	9
cajero	7	7	7	7	3	5
Bodeguero	3	7	5	7	3	5

**Fuente:** Los Autores 2017(Información recogida encuesta aplicada a empresa objeto estudio)

Una vez obtenidos los resultados donde los encuestados expresaron para obtener un único valor de estas ponderaciones, se aplicó la técnica de la media geométrica para cada pareja de criterios, este resultado se muestra en la Tabla 12. Por ejemplo, el valor de 4.94 que se muestra como resultado de la media geométrica entre la pareja de criterios criticidad y costo se obtuvo a partir de la siguiente expresión:

$$\sqrt[10]{9 + 9 + 7 + 5 + \frac{1}{5} + 9 + 9 + 9 + 7 + 3} = 4,941 \quad (24)$$

Donde cada número dentro de la raíz corresponde a los valores tomados a cada uno de los participantes de la encuesta de la empresa.

**Tabla 12.** Media geométrica

PAREJA DE CRITERIOS		MEDIA GEOMETRICA
Criticidad	Costo	4,941
Criticidad	Lead time	6,711
Criticidad	Utilidad	3,005
Costo	Lead time	4,074
Costo	Utilidad	5,809
Lead time	Utilidad	6,434

**Fuentes:** Los autores 2017

Una vez obtenido los resultados definitivos de calificación para cada pareja de criterio, se digitan los valores para construir la matriz de comparación de criterios (Tabla 13). Cada fila muestra la comparación de un par de criterios, entonces es razonable que siempre exista una diagonal con números iguales a 1, dado que se trata de comparar a cada criterio consigo mismo.

Para la técnica AHP aplica el principio de relación inversa, el número que debe aparecer en las celdas inferiores a la diagonal deber ser igual al inverso de las superiores, es decir para la comparación de criticidad vs costo con un valor de 4,941 en la parte superior, en la parte inferior costo vs criticidad debe ser igual a  $1/4,94 = 0,20$ . Se aplica el mismo procedimiento para los demás términos de la matriz.

**Tabla 13.** Matriz de comparación

	Matriz de comparación de los criterios			
	Criticidad	Costo	Lead time	Utilidad
Criticidad	1	4,94	6,71	3,00
Costo	0,20	1	4,07	5,81
Lead time	0,15	0,25	1	6,43
Utilidad	0,33	0,17	0,16	1
SUMA	1,68	6,36	11,94	16,25

**Fuente:** Los autores 2017

En la siguiente parte del estudio construimos la matriz normalizada (Tabla 14) dividiendo los números o valores de la matriz de comparación entra la suma de cada una de las columnas

#### Ejemplo para demostrar el resultado de la primera columnas

Valor de la matriz normalizada de Criticidad vs Costo:

$$\frac{4,94}{6,36} = 0,78$$

**Tabla 14.** Matriz Normalizada

	Matriz de comparación de los criterios			
	Criticidad	Costo	Lead time	Utilidad
Criticidad	0,59	0,78	0,56	0,18
Costo	0,12	0,16	0,34	0,36
Lead time	0,09	0,04	0,08	0,40
Utilidad	0,20	0,03	0,01	0,06

**Fuente:** Los Autores 2017

Una vez obtenida la tabla de criterios normalizados, se debe calcular el vector de prioridad de los criterios promediando cada fila de la matriz normalizada.

Vector de prioridad para la criticidad:

$$VP = \frac{0,59 + 0,78 + 0,56 + 0,18}{4} = 52,9\% \quad (25)$$

La siguiente (Tabla 15) especifica los porcentajes obtenidos VP (vector de prioridad) del desarrollo de la técnica multicriterio Analytic Hierarchy Process AHP para cada criterio:

**Tabla 15.** Vector Prioridad

Matriz de comparación de los criterios					
	Criticidad	Costo	Lead time	Utilidad	VECTOR DE PRIORIDAD
Criticidad	0,59	0,78	0,56	0,18	52,9%
Costo	0,12	0,16	0,34	0,36	24,4%
Lead time	0,09	0,04	0,08	0,40	15,2%
Utilidad	0,20	0,03	0,01	0,06	7,5%
SUMA					1,00

**Fuente:** Los Autores 2017

Analizando a los resultados obtenidos, el criterio mayor peso o importancia para las personas encuestadas de la organización es la criticidad con un 52,9%, siguiente el costo con 24,4%; luego Lead time con un 15,2% y por último la utilidad con un 7,5%.

- 1. Se clasifican los ítems por costo unitario.** Los costos de los ítems varían de \$100 a \$272.603 poniendo en evidencia la existencia de ítems muy costosos en comparación con otros. Para normalizar los datos, se divide el costo unitario de cada ítem por el costo unitario mayor (\$272.603). Luego siguiendo la metodología de (Partovi & Burton, 1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio costo unitario (0,24) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 16.

Ejemplo ITEM 160517

$$\text{Peso Costo} = \left( \frac{258.606}{272.603} \right) * 0,24 = 0,228$$

**Tabla 16.** Costo Unitario

CODIGO	COSTO UNITARIO	NORMALIZACIÓN	PESO DEL CRITERIO	PESO PRODUCTO
151103	272.603	1,000	0,24	0,240
160517	258.606	0,949	0,24	0,228
122003	240.360	0,882	0,24	0,212
150708	191.771	0,703	0,24	0,169
220128	183.633	0,674	0,24	0,162
160407	171.085	0,628	0,24	0,151

**Fuente:** Los Autores 2017

- 2. Se clasifican los ítems por Lead Time.** Para esta clasificación el tiempo que se tomara será de respuesta más alto entre los proveedores esté será representada como la rotación del inventario, es decir, por número de días que se han consumido los productos en llegar desde que se solicitan. Para normalizar los datos, se divide el mayor número (día) por cada ítem. Luego siguiendo la metodología de (Partovi & Burton, 1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio demanda (0,15) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 17.

Ejemplo ITEM 160525

$$\text{Peso Lead Time} = \left(\frac{8}{8}\right) * 0,15 = 0,15$$

**Tabla 17.** Lead Time

CODIGO	LEAD TIME	NORMALIZACIÓN	PESO DEL CRITERIO	PESO PRODUCTO
30102	8	1	0,15	0,15
160525	8	1	0,15	0,15
160130	8	1	0,15	0,15
110308	8	1	0,15	0,15
220127	8	1	0,15	0,15
122004	8	1	0,15	0,15

**Fuente:** Los Autores 2017

- 3. Se clasifican los ítems por Utilidad.** La utilidad que genera los ítems varían de \$200 a \$408904.3 poniendo en evidencia que algunos ítems no generan la utilidad suficiente o esperada. Para normalizar los datos, se divide la utilidad de cada ítem por la utilidad unitario mayor (\$408904). Luego siguiendo la metodología de (Partovi & Burton, 1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio

costo unitario (0,07) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 18.

Ejemplo ITEM 160517

$$\text{Peso Utilidad} = \left( \frac{137.908}{408904} \right) * 0,07 = 0,024$$

**Tabla 18.** Utilidad

CODIGO	UTILIDAD	NORMALIZACIÓN	PESO DEL CRITERIO	PESO PRODUCTO
151103	408904,3	1,000	0,07	0,070
160517	137908,4	0,337	0,07	0,024
160407	135232,6	0,331	0,07	0,023
122003	110540,0	0,270	0,07	0,019
140604	110466,7	0,270	0,07	0,019
220128	104756,8	0,256	0,07	0,018

**Fuente:** Los Autores 2017

- Se clasifican los ítems por criticidad:** El valor de la criticidad de cada ítem fue asignada por personal de la empresa, por medio de la siguiente calificación: Muy bajo (1), bajo (2), medio (3), alto (4) y muy alto (5). Para normalizar los datos, se divide la calificación de cada ítem por la calificación mayor (5). Luego siguiendo la metodología de (Partovi & Burton, 1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio criticidad (0,5896) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 19.

Ejemplo ITEM 151237

$$\text{Peso Criticidad} = \left( \frac{5}{5} \right) * 0,52 = 0,52$$

**Tabla 19.** Criticidad

CODIGO	CRITICIDAD	NORMALIZACIÓN	PESO DEL CRITERIO	PESO PRODUCTO
160122	5	1	0,52	0,52
151237	5	1	0,52	0,52
160425	5	1	0,52	0,52
160121	5	1	0,52	0,52
161114	5	1	0,52	0,52
151107	5	1	0,52	0,52

**Fuente:** Los Autores 2017



Después de clasificar los ítems dentro de cada criterio, se adapta la metodología usada por (Partovi & Burton, 1993) para determinar la puntuación final de cada ítem, la suma de la multiplicación de los valores normalizados (obtenidos en la clasificación anterior) por el peso del criterio (obtenido en la técnica multicriterio AHP).

Ejemplo ITEM 160533

$$\text{Peso final ITEM} = (0,520) + (0,084) + (0,13) + (0,007) = 0,742$$

Para realizar la clasificación ABC tradicional, los ítems se organizaron de la puntuación final mayor a la puntuación final menor. Como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20.** Peso de criterios.

Nº	CODIGO	PESO CRITICIDAD	PESO COSTO	PESO LEAD TIME	PESO UTILIDAD	PESO FINAL DEL PRODUCTO
35	161009	0,520	0,101	0,15	0,017	0,788
71	160533	0,520	0,084	0,13	0,007	0,742
18	180703	0,520	0,063	0,15	0,005	0,738
3	220607	0,520	0,048	0,15	0,005	0,724
4	220605	0,520	0,040	0,15	0,003	0,713
17	180704	0,520	0,038	0,15	0,002	0,710

**Fuente:** Los Autores 2017

**Ítems clase A:** En esta categoría se encuentra el 30% de los ítems con mayor puntuación, para un total de 83.

**Ítems clase B:** En esta categoría se encuentra el 35% de los ítems, para un total de 100.

**Ítems clase C:** En esta categoría se encuentra el 35% de los ítems, para un total de 100.

### Análisis de la demanda

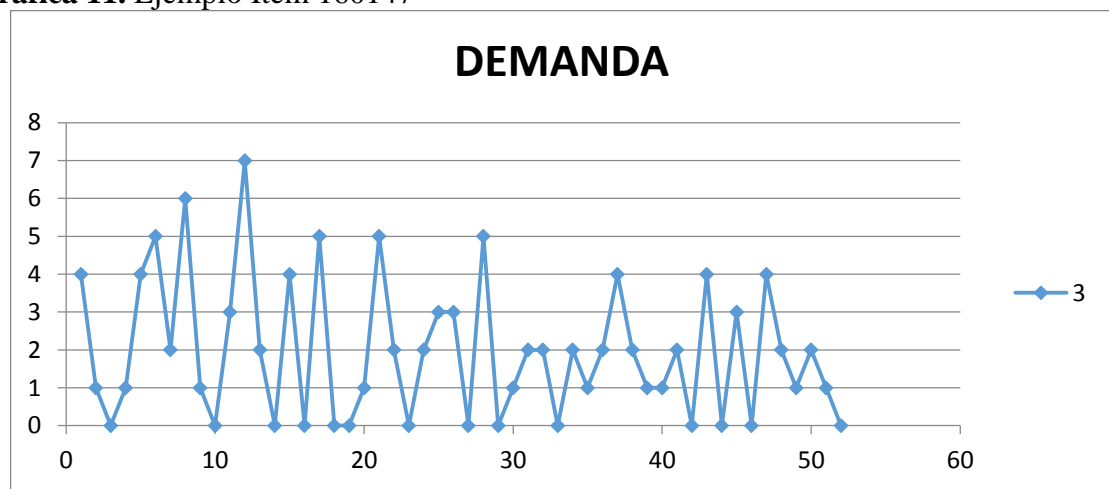
Una vez realizada la clasificación ABC, clasificación multicriterio se procedió a determinar el comportamiento de la demanda con el fin de contribuir a la selección del sistema de pronóstico que mejor se adapte.

Para este trabajo se utilizan los datos históricos de la demanda semanal el año 2016 de una línea histórica de la empresa, la cual está compuesta por 83 ítems con criterios más relevantes. Para determinar si su demanda es perpetúa o errática se calcula el coeficiente de variación de la distribución de la demanda por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\text{Desviación estandar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}}$$

Si el coeficiente de variación es mayor o igual que 1 (100%), la demanda puede catalogarse como errática. En caso contrario, la demanda puede considerarse estacionaria o perpetua. (Vidal Holguin, 2010)

**Gráfica 11.** Ejemplo Ítem 160147



**Fuente:** Los Autores 2017

Una vez identificada la frecuencia de recolección de los datos, se realiza el análisis de cada uno de los 83 ítems para determinar el patrón de la demanda y aplicar el tipo de pronóstico que más se ajuste al ítem. En la siguiente figura se representan el porcentaje de patrones de demanda identificados para los ítems clase A:

**Gráfica 12.** Patrón de demanda ítems clase A.



**Fuente:** Los Autores

## 10 SISTEMA DE PRONÓSTICO

Posterior a la clasificación ABC multicriterio de los 83 ítems obtuvieron la mayor calificación en la ponderación mencionada de manera detallada en el capítulo anterior, se realizan los sistemas de pronósticos para cada uno de los ítems clase A, puesto que en todo proceso de decisión en cualquier tipo de organización debe pronosticarse una o más variables de interés.

Para (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) una empresa que comercializa productos, es decir, que compra a un número de proveedores y vende el mismo producto a una población de clientes, se hace fundamental pronosticar la demanda que dichos clientes van a generar, en este caso la metodología consiste en analizar el comportamiento de la demanda de datos históricos en el periodo de tiempo establecido para el análisis que es 52 semanas, que corresponde a 1 año; con esta información se busca elegir el pronóstico de demanda que mejor se ajusta a cada uno de los ítems utilizando métodos de series de tiempo que son aquellos métodos cuantitativos estadísticos que utilizan datos históricos.

Obteniendo el tipo de patrón de demanda de cada ítem seleccionado como clase A se realizará el sistema de pronóstico con el fin de predecir la demanda futura de cada uno de estos productos. Para este análisis, se debe tener en cuenta la demanda en unidades por ciclo en un horizonte de tiempo de un año y utilizar el tipo de pronóstico adecuado para

cada artículo. Es importante mencionar que para todos los productos clasificados como clase A se aplicarán 5 métodos de pronósticos, que son:

- Promedio móvil
- Suavización exponencial simple
- Suavización exponencial doble
- Método de Croston
- Combinación lineal convexa

Todos los sistemas de pronósticos fueron realizados en Microsoft Excel, la optimización de estos se realizó con la función Solver considerando lo dicho por (Vidal Holguin, 2010): las restricciones básicas de NO negatividad y el intervalo de alpha óptimo, según la experiencia ha establecido se encuentra entre  $0,01 \leq \alpha \leq 0,3$ , el cual minimiza el ECM en cada uno de estos sistemas. Para el caso del Promedio Móvil el valor de ECM se obtuvo de las demandas históricas entre  $N= 2$  a  $N=20$ .

Para el caso del pronóstico combinado se utilizan los datos de demanda futura generados en los anteriores métodos de pronósticos (promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble) y se recalculan incorporando distintos valores de alpha, teniendo en cuenta que para la combinación 1 y 2 se admiten valores entre 0 y 1 y dichos valores deben sumar 1 en total. Este método se da conocer en la literatura como combinación lineal convexa (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005).

Para explicar la metodología empleada en cálculo de los pronósticos se dará continuidad al desarrollo del ejemplo realizado anteriormente. Cabe decir que el ítem fue tomado de forma aleatoria para llevar el ejemplo.

Los ítems con un patrón de demanda no errático se evaluaron en los sistemas de pronósticos de promedio móvil, suavización exponencial simple, suavización exponencial doble y combinación lineal convexa (combinación 1 y 2) con el fin de comparar los resultados.

Para los ítems que presentaron demanda errática se adiciono la aplicación del método de pronóstico de Croston y se excluyó el método de combinación lineal convexa ya que este no es aplicable a comportamientos erráticos de la demanda. En todos los casos se seleccionó la técnica de pronóstico que tuviera el menor ECM.

Las siguientes tablas representan los métodos de pronósticos utilizados para el ítem 160147 el cual es errático debido a que no presenta un patrón de demanda definido y su coeficiente

de variación es de **0,92** el cual según la literatura (Vidal Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) si es próximo a 1 indica la presencia de este tipo de demanda.

## PROMEDIO MÓVIL

El sistema de pronóstico empleado es promedio móvil, para el cual se determina un valor de n que minimice el ECM, este varía de 2 a 20 dependiendo de la demanda, por lo tanto el n para cada Ítem puede mostrarse diferente (Vidal Holguin, 2010)

En la tabla se muestran los cálculos obtenidos al utilizar promedio móvil para los datos históricos de la demanda y en las gráficas se incluirá, la demanda.

**Tabla 21.** Clase A: Ítem 160147. Promedio móvil.

N=2					
semanas	Demanda	Pronóstico	Error	Error ABS.	Error CUAD.
1	4				
2	1				
3	0				
4	1				
5	4				
6	5				
7	2				
8	6				
9	1				
10	0				
11	3				
12	7				
13	2				
14	0				
15	4				
16	0				
17	5				
18	0				
19	0				
20	1				
21	5	0,5	4,5	4,5	20,25
22	2	3	-1	1	1
23	0	3,5	-3,5	3,5	12,25
24	2	1	1	1	1
25	3	1	2	2	4
26	3	2,5	0,5	0,5	0,25
27	0	3	-3	3	9

28	5	1,5	3,5	3,5	12,25
29	0	2,5	-2,5	2,5	6,25
30	1	2,5	-1,5	1,5	2,25
31	2	0,5	1,5	1,5	2,25
32	2	1,5	0,5	0,5	0,25
33	0	2	-2	2	4
34	2	1	1	1	1
35	1	1	0	0	0
36	2	1,5	0,5	0,5	0,25
37	4	1,5	2,5	2,5	6,25
38	2	3	-1	1	1
39	1	3	-2	2	4
40	1	1,5	-0,5	0,5	0,25
41	2	1	1	1	1
42	0	1,5	-1,5	1,5	2,25
43	4	1	3	3	9
44	0	2	-2	2	4
45	3	2	1	1	1
46	0	1,5	-1,5	1,5	2,25
47	4	1,5	2,5	2,5	6,25
48	2	2	0	0	0
49	1	3	-2	2	4
50	2	1,5	0,5	0,5	0,25
51	1	1,5	-0,5	0,5	0,25
52	0	1,5	-1,5	1,5	2,25
				1,29545455	2,35227273
				MAD	ECM

**Fuente:** Los Autores 2017

Este ítem perteneciente a la clase A, no es errático, presenta tendencia con caída, el coeficiente de variación es de **0,92** y ECM menor **1,7622**.

## SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE

**Tabla 22.** Clase A: Ítem 160147. Suavización exponencial simple.

Día	Demanda	St	Pronóstico	Error	Error ABS.	Error CUAD.
1	4					
2	1					
3	0					
4	1					
5	4					
6	5					
7	2					
8	6					
9	1					
10	0					
11	3					
12	7					
13	2					
14	0					
15	4					
16	0					
17	5					
18	0					
19	0					
20	1	2,37				
21	5	2,52	2,37	2,63	2,63157895	6,92520776
22	2	2,49	2,52	-0,52	0,5237971	0,27436340
23	0	2,35	2,49	-2,49	2,4928706	6,21440383
24	2	2,33	2,35	-0,35	0,3456843	0,11949763
25	3	2,37	2,33	0,67	0,67472591	0,45525505
26	3	2,40	2,37	0,63	0,63488813	0,40308294
27	0	2,26	2,40	-2,40	2,4025975	5,77247476
28	5	2,42	2,26	2,74	2,73925882	7,50353887
29	0	2,28	2,42	-2,42	2,42247496	5,86838494
30	1	2,20	2,28	-1,28	1,27944502	1,63697956
31	2	2,19	2,20	-0,20	0,20390288	0,04157638
32	2	2,18	2,19	-0,19	0,19186386	0,03681174
33	0	2,05	2,18	-2,18	2,18053566	4,75473578
34	2	2,05	2,05	-0,05	0,05179052	0,00268226
35	1	1,99	2,05	-1,05	1,04873266	1,09984018
36	2	1,99	1,99	0,01	0,01318756	0,00017391
37	4	2,11	1,99	2,01	2,01240893	4,04978969
38	2	2,10	2,11	-0,11	0,10640953	0,01132299

39	1	2,04	2,10	-1,10	1,1001268	1,21027898
40	1	1,97	2,04	-1,04	1,03517213	1,07158133
41	2	1,98	1,97	0,03	0,02594744	0,00067327
42	0	1,86	1,98	-1,98	1,97558458	3,90293442
43	4	1,99	1,86	2,14	2,14105966	4,58413648
44	0	1,87	1,99	-1,99	1,9853547	3,94163330
45	3	1,93	1,87	1,13	1,13186639	1,28112153
46	0	1,82	1,93	-1,93	1,93496228	3,74407903
47	4	1,95	1,82	2,18	2,1792835	4,74927657
48	2	1,95	1,95	0,05	0,05061229	0,00256160
49	1	1,90	1,95	-0,95	0,95237601	0,90702006
50	2	1,90	1,90	0,10	0,10385503	0,01078587
51	1	1,85	1,90	-0,90	0,90227687	0,81410355
52	0	1,74	1,85	-1,85	1,84900383	3,41881517
					1,2289	2,3378
					<b>MAD</b>	<b>ECM</b>

**Fuente:** Los Autores 2017

Este ítem perteneciente a la clase A, no es errático, presenta tendencia con caída, el coeficiente de variación es de **0,92** y ECM **2,3377**.



## SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE

**Tabla 23.** Clase A: Ítem 160147. Suavización exponencial doble.

Día	Demanda	St	St[2]	Pronóstico	Error	Error ABS.	Error CUAD.
1	4	a1(0)	2,64479638	b2(0)	-0,025057628	b1(0)	1,89306753
2	1						
3	0						
4	1						
5	4						
6	5						
7	2						
8	6						
9	1						
10	0						
11	3						
12	7						
13	2						
14	0						
15	4						
16	0						
17	5						
18	0						
19	0						
20	1	4,37377273	6,85447793				
21	5	4,38	6,830	1,8680099	3,131990096	3,1319901	9,80936196
22	2	4,36	6,805	1,90559208	0,094407923	0,09440792	0,00891286
23	0	4,31	6,780	1,88273581	-1,882735806	1,88273581	3,54469412
24	2	4,29	6,755	1,8203461	0,179653898	0,1796539	0,03227552
25	3	4,28	6,730	1,79901592	1,200984082	1,20098408	1,44236277
26	3	4,26	6,706	1,7981303	1,201869697	1,2018697	1,44449077
27	0	4,22	6,681	1,7973825	-1,797382498	1,7973825	3,23058385
28	5	4,23	6,656	1,73676984	3,263230163	3,26323016	10,6486711
29	0	4,19	6,632	1,77718969	-1,777189691	1,77718969	3,1584032
30	1	4,15	6,607	1,71712747	-0,71712747	0,71712747	0,51427181
31	2	4,13	6,582	1,67808878	0,321911224	0,32191122	0,10362684
32	2	4,11	6,557	1,65975914	0,340240858	0,34024086	0,11576384
33	0	4,07	6,533	1,64182829	-1,641828292	1,64182829	2,69560014
34	2	4,05	6,508	1,58429008	0,415709917	0,41570992	0,17281474
35	1	4,02	6,483	1,56773846	-0,567738455	0,56773846	0,32232695
36	2	4,00	6,458	1,53155943	0,468440568	0,46844057	0,21943657
37	4	4,00	6,433	1,51604721	2,483952786	2,48395279	6,17002144
38	2	3,98	6,409	1,54089209	0,459107915	0,45910791	0,21078008

39	1	3,95	6,384	1,52548845	-0,525488454	0,52548845	0,27613812
40	1	3,92	6,360	1,49043881	-0,490438806	0,49043881	0,24053022
41	2	3,90	6,335	1,4560376	0,543962397	0,5439624	0,29589509
42	0	3,86	6,310	1,44227538	-1,44227538	1,44227538	2,08015827
43	4	3,86	6,286	1,3888428	2,611157203	2,6111572	6,81814194
44	0	3,82	6,261	1,41633464	-1,416334638	1,41633464	2,00600381
45	3	3,82	6,237	1,36353776	1,636462241	1,63646224	2,67800867
46	0	3,78	6,212	1,37165518	-1,371655183	1,37165518	1,88143794
47	4	3,78	6,188	1,31977391	2,680226095	2,68022609	7,18361192
48	2	3,76	6,164	1,34879309	0,651206912	0,65120691	0,42407044
49	1	3,74	6,139	1,33749991	-0,337499909	0,33749991	0,11390619
50	2	3,72	6,115	1,30649771	0,693502286	0,69350229	0,48094542
51	1	3,69	6,091	1,29608181	-0,296081814	0,29608181	0,08766444
52	0	3,65	6,067	1,26594358	-1,265943581	1,26594358	1,60261315
				1,21637851			
						1,0301	1,6445
						<b>MAD</b>	<b>ECM</b>

**Fuente:** Los Autores 2017

## MÉTODO DE CROSTON

**Tabla 24.** Método Croston.

Periodo en mes	Demanda en Q	Cálculo no	Cálculo no(2)	nt	Zt	Contador nt	Pronóstico	et	et	et <sup>2</sup>
1	4	1								
2	1	1	1	Alpha	0,01					
3	0	2	0	Demanda Promedio	2,0625					
4	1	1	2	Desv. Estandar Demanda	1,872604853					
5	4	1	1	coef. Variacion	0,907929626					
6	5	1	1							
7	2	1	1							
8	6	1	1							
9	1	1	1							
10	0	2	0							
11	3	1	2							
12	7	1	1							
13	2	1	1							
14	0	2	0							
15	4	1	2							
16	0	2	0							
17	5	1	2							
18	0	2	0							
19	0	3	0							
20	1	1	3							
21	5	1	1							
22	2	1	1							
23	0	2	0							
24	2	1	2							
25	3	1	1							
26	3	1	1							
27	0	2	0							
28	5	1	2	1,4211	3,3000					
29	0			1,421052632	3,3	1	2,32222222	-2,32222222	2,32222222	5,392716049
30	1			1,426842105	3,277	2	2,32222222	-1,32222222	1,32222222	1,748271605
31	2			1,422573684	3,26423	1	2,29668019	-0,29668019	0,29668019	0,088019136
32	2			1,418347947	3,2515877	1	2,29459467	-0,29459467	0,29459467	0,086786022
33	0			1,418347947	3,2515877	1	2,29251765	-2,29251765	2,29251765	5,255637165
34	2			1,424164468	3,239071823	2	2,29251765	-0,29251765	0,29251765	0,085566574
35	1			1,419922823	3,216681105	1	2,27436641	-1,27436641	1,27436641	1,624009738
36	2			1,415723595	3,204514294	1	2,26539151	-0,26539151	0,26539151	0,070432652
37	4			1,411566359	3,212469151	1	2,26351691	1,73648309	1,73648309	3,01537353
38	2			1,407450695	3,200344459	1	2,27581872	-0,27581872	0,27581872	0,076075969
39	1			1,403376188	3,178341015	1	2,27385902	-1,27385902	1,27385902	1,622716803
40	1			1,399342427	3,156557605	1	2,26478192	-1,26478192	1,26478192	1,599673298
41	2			1,395349002	3,144992028	1	2,25574352	-0,25574352	0,25574352	0,065404746
42	0			1,395349002	3,144992028	1	2,25391069	-2,25391069	2,25391069	5,080113385
43	4			1,401395512	3,153542108	2	2,25391069	1,74608931	1,74608931	3,048827889
44	0			1,401395512	3,153542108	1	2,250287	-2,250287	2,250287	5,063791598
45	3			1,407381557	3,152006687	2	2,250287	0,749713	0,749713	0,562069577
46	0			1,407381557	3,152006687	1	2,23962483	-2,23962483	2,23962483	5,015919399
47	4			1,413307742	3,16048662	2	2,23962483	1,76037517	1,76037517	3,098920723
48	2			1,409174664	3,148881754	1	2,23623386	-0,23623386	0,23623386	0,055806435
49	1			1,405082918	3,127392937	1	2,23455746	-1,23455746	1,23455746	1,524132115
50	2			1,401032088	3,116119007	1	2,22577109	-0,22577109	0,22577109	0,050972585
51	1			1,397021768	3,094957817	1	2,22415963	-1,22415963	1,22415963	1,498566792
52	0			1,397021768	3,094957817	1	2,21539699	-2,21539699	2,21539699	4,907983818
									1,22	2,11
									MAD	ECM

**Fuente:** Los Autores 2017

Este ítem perteneciente a la clase A es errático debido a que no presenta un patrón de demanda definido y su coeficiente de variación es de **0,92** el cual según la literatura (Vidal

Holguin, Fundamentos de Gestion de Inventarios., 2005) si es próximo a 1 indica la presencia de este tipo de demanda.

Adicionalmente se realizó una comparación entre los cinco métodos utilizados para pronosticar los repuestos, para esto se tuvo como criterio de selección el sistema de pronóstico que presentara menor error cuadrático medio ECM. Como ejemplo para el ítem 160147 expuesto en el presente trabajo, de los cinco métodos de pronósticos aplicados se escoge la suavización exponencial doble con valor de alpha optimizado. El ECM resultante es de 1.645 siendo el menor entre todos los pronósticos. En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos:

**Tabla 25.** Tabla de resultados obtenidos.

CODIGO	Pronostico (ECM)					Tipo de demanda
	Movil	SE Simple	SE doble	Croston	Combinacion	
161009	0,224	0,190	0,201	0,164	0,161	uniforme
160533	0,223	0,204	0,202	0,204	0,162	uniforme
180703	0,223	0,210	0,205	0,216		erratica
220607	0,665	0,569	0,620	0,583		erratica
220605	0,763	0,645	0,699	0,658		erratica
180704	0,287	0,270	0,261	0,254		erratica
160409	0,277	0,240	0,252	0,236		erratica
160307	0,813	1,085	0,768	0,935		erratica
180103	1,029	1,012	0,932	1,060		erratica
160515	0,238	0,324	0,218	0,380		erratica
160407	0,300	0,326	0,265	0,378		erratica
160425	0,784	0,709	0,723	0,762		erratica
161114	2,202	1,885	2,029	1,967		erratica
160122	0,949	0,782	0,868	0,913		erratica
160141	0,771	0,533	0,703	0,697		erratica
160825	0,977	1,071	0,940	1,314	1,454	uniforme
160909	1,071	1,049	0,978	1,203	1,387	uniforme
160517	0,196	0,173	0,179	0,165		uniforme
160907	1,888	1,618	1,753	1,649		erratica
160106	0,585	0,552	0,541	0,513		erratica
160919	0,577	0,595	0,536	0,499		erratica
160904	2,968	2,453	2,684	2,600	2,743	uniforme
160121	0,933	0,919	0,817	0,867		erratica
160516	1,813	2,401	1,610	1,852		erratica
160820	249,361	200,353	226,91	212,924	238,878	uniforme
160303	3,879	3,048	3,51	3,771		erratica
160821	55,044	50,736	50,87	50,104	50,722	uniforme
160703	125,006	97,231	114,83	107,735	84,470	uniforme
160329	5,924	4,104	5,383	4,978		erratica
151102	3,202	2,316	2,894	2,691		erratica
160506	4,387	3,795	3,916	4,274		erratica

220602	0,901	0,925	0,822	0,740		erratica
220135	0,587	0,535	0,536	0,533		erratica
160918	0,776	0,633	0,712	0,667		erratica
160320	152,095	124,129	135,86	125,747	78,406	uniforme
151219	3,365	3,282	2,938	3,752		erratica
170101	3,240	2,503	2,932	3,021		erratica
151004	1,589	1,143	1,447	1,338		erratica
160155	1,984	1,587	1,844	1,728		erratica
160147	1,762	2,338	1,645	2,110		erratica
151107	1,014	0,880	0,886	0,966		erratica
151809	9,687	9,577	8,626	8,179	7,488	uniforme
140501	0,329	0,381	0,275	0,449		erratica
161004	0,158	0,208	0,155	0,396		erratica
151237	0,114	0,292	0,11	1,124	0,090	tendencia
151018	0,566	0,554	0,52	0,490	0,413	uniforme
151113	0,132	0,158	0,13	0,168	0,091	uniforme
91101	0,045	0,035	0,04	0,059	0,0002	uniforme
140505	0,000	0,001	0,0000	0,004		uniforme
132202	0,270	0,268	0,25	0,251	0,260	uniforme
92301	0,716	0,790	0,65	0,633		uniforme
220124	0,391	0,425	0,354	0,358		erratica
151218	0,420	0,490	0,341	1,108	0,445	tendencia
151025	2,650	2,110	2,34	2,291	2,150	uniforme
110308	0,283	0,265	0,26	0,278	0,254	uniforme
151103	0,272	0,251	0,25	0,250		erratica
300134	0,487	0,443	0,425	0,448	0,446	uniforme
160140	0,273	0,251	0,250	0,253		erratica
160120	0,052	0,132	0,046	0,052		uniforme
160905	0,482	0,422	0,43	0,443	0,442	uniforme
150803	1,714	1,821	1,49	1,719	1,469	uniforme
150304	6,897	5,506	6,31	6,044	6,286	uniforme
150306	124,999	115,480	119,23	120,099	107,881	uniforme
10109	0,600	0,593	0,57	0,535		erratica
160502	0,752	0,726	0,675	0,728		erratica
110303	0,765	0,634	0,67	0,688	0,665	uniforme
91108	0,110	0,154	0,093	0,123		uniforme
160532	0,207	0,220	0,182	0,217		uniforme
93408	3,034	2,286	2,76	2,594	2,648	uniforme
93502	107,138	115,336	92,925	116,500	97,845	uniforme
160124	0,245	0,222	0,23	0,239		erratica
160812	0,263	0,228	0,24	0,227	0,227	uniforme
160801	0,374	0,291	0,34	0,352	0,363	uniforme
160824	0,648	0,603	0,60	0,768	0,333	uniforme
160602	2,183	1,641	2,01	1,918	2,161	uniforme
160605	0,138	0,174	0,10	0,121	0,069	uniforme
160813	0,679	0,690	0,63	0,621	0,682	uniforme
160705	18,417	14,646	17,60	16,715	17,877	uniforme
160702	22,257	22,462	19,886	26,855	21,252	uniforme
161131	0,138	0,146	0,121	0,147		erratica
160512	3,376	2,898	3,32	3,358		erratica
160108	0,270	0,252	0,231	0,239		erratica
30102	45,071	35,939	41,37	46,605	34,369	uniforme

Fuente: Los Autores 2017

Para la creación de la política de inventario se utilizarán los valores mínimos de ECM arrojados por los métodos de pronósticos ya analizados.

## **11 POLÍTICAS DE INVENTARIO PARA LOS PRODUCTOS CLASE A EN LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO.**

En el punto anterior se definieron y aplicaron los sistemas de pronósticos para cada ítem a partir de los datos históricos de la demanda semanal, determinando así su comportamiento. Para la determinación de los costos totales de la empresa se calcularon los costos de almacenamiento, costos de mantener el inventario, costo de ordenar y otros los cuales se consideraron pertinentes.

En este punto se muestran las políticas que se van aplicar para controlar el inventario de los artículos que pertenecen al grupo de ítems clase A, con el fin de mantener o alcanzar un nivel de servicio deseado por la empresa. La finalidad de determinar las políticas de inventarios es que permita saber cuándo verificar, cuándo comprar y qué cantidad, reduciendo costos y ofrecer el nivel de servicio óptimo

### **11.1 COSTOS DE INVENTARIO**

A continuación se exponen los principales costos de inventario manejados por la empresa caso de estudio, los cuales están relacionados a los costos de mantenimiento, ordenamiento y faltantes de los ítems existentes dentro del inventario.

#### **11.1.1 Costo de Almacenamiento**

Las instalaciones cuentan con un área aproximado total de 1600 m<sup>2</sup>, donde se realizan todas las labores, actividades y procesos de la empresa, y que en su gran parte sirven como espacio de almacenamiento para los artículos que se comercializan, incluyendo los de mayor volumen.

Los datos asociados al costo de almacenamiento se resumen en la tabla:

**Tabla 26.** Tabla de descripción de costos de almacenamiento

<b>Costos de almacenamiento y manejo</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>	
<b>Cargo</b>	<b>Salario Básico</b>
Director General	\$3.000.000
Gerente Administrativo	\$1.900.000
Gerente de ventas	\$1.900.000
Contador	\$1.000.000
Servicios Generales	\$781.242
Jefe de Almacén	\$1.200.000
Jefe de Compras	\$1.200.000
Cajero	\$781.242
Bodeguero	\$781.242
Vendedor 1	\$781.242
Vendedor 2	\$781.242
Vendedor 3	\$781.242
<b>Costo total \$/Mes</b>	\$14.887.452
<b>Costo total \$/año</b>	\$178.649.424
<b>Costo total \$/semana</b>	\$3.721.863

**Fuente:** Los Autores 2017.

### 11.1.2 Tasa del costo de mantenimiento del inventario, r.

Una vez se haya calculado el costo de almacenamiento de los ítems existentes de la empresa, se puede determinar su tasa de mantenimiento mediante su proporción entre el valor promedio que se promedia de las existencias. Dando un total de la sumatoria de todos los costos, en la siguiente tabla se puede apreciar el costo asociado al almacenamiento y mantenimiento del inventario y la tasa r.

**Tabla 27.** Costos asociados a la tasa de mantenimiento del inventario R

<b>Tabla de costo de mantenimiento r</b>	
Costo de almacenamiento y manejo \$/semana	\$3.721.863,00
Costos de espacio \$/semana	\$165.000,00
Costo de riesgo \$/semana	\$125,00
Seguros \$/semana	\$ 28.000,00
Total	\$3.914.988,00
Valor de inventario promedio \$/semana	\$17.929.889,27
<b>Tasa r %</b>	<b>21,83%</b>

**Fuente:** Los Autores.

### 11.1.3 Costo de Ordenar

Este costo representa el equivalente al valor de generar una orden de pedido para un o más productos. En la organización se consideran los siguientes costos:

**Tabla 28.** Tablas de costos de ordenar.

<b>Mano de Obra y maquinaria</b>	
Recepción e inspección	\$ 390.621

<b>Costos de Papelería</b>	
Útiles y Papelería (Formatos, facturas, etc)	\$ 50.000
Fotocopias	\$ 52.000
Impresiones	\$ 55.000

<b>Costos de emisión de pedido</b>	
Electricidad	\$ 100.000
Servicio de internet y telefonía	\$ 140.000

<b>Costos totales de preparación de la orden</b>	
	\$ 887.621
Ordenes por mes	4
Costo por orden	\$ 221.905

**Fuente:** Los Autores, basándose en información suministrada por la empresa caso de estudio.

#### Otras consideraciones

Las siguientes tablas se tuvieron en cuenta como medida de garantizar una totalidad de los costos que tiene la empresa caso estudio.



**Tabla 29.** Otros costos.

<b>Costos de espacio</b>	
Electricidad (iluminación)	\$350.000
Materiales de equipos	\$150.000
Adecuación e instalación	\$160.000
<b>Costo total \$/mes</b>	\$660.000
<b>Costo total \$/año</b>	\$7.920.000
<b>Costo total \$/semana</b>	\$165.000

<b>Costo de riesgo</b>	
Depreciación	\$500
<b>Costo total \$/mes</b>	\$500
<b>Costo total \$/año</b>	\$6.000
<b>Costo total \$/semana</b>	\$125

<b>Seguros</b>	
Seguros	\$112.000
<b>Costo total \$/mes</b>	\$112.000
<b>Costo total \$/año</b>	\$1.344.000
<b>Costo total \$/semana</b>	\$28.000

**Fuente:** Los Autores, basándose en la información suministrada por la empresa caso de estudio.

## **11.2 PROPUESTA DE CONTROL DE INVENTARIOS Y CTR ASOCIADO**

Se procederá a determinar las diferentes políticas de control de inventarios en la organización objeto de estudio. Cabe resaltar que para la aplicación de la política de revisión de inventario sólo se usaron dos sistemas de control de inventarios que son: Política de control de inventario continua (s, Q) y política de control de inventario periódica (R, S).

Las políticas de control periódico suponen una revisión del inventario cada cierto tiempo ordenando una cantidad de pedido. Por otra parte, las políticas de revisión continua suponen la emisión de un nuevo pedido siempre y cuando el inventario efectivo sea menor o igual al punto de reorden. Las aplicaciones de los sistemas de pronóstico se realizaron para una demanda probabilística de acuerdo con los datos de demanda analizados para la empresa objeto de estudio.

### 11.2.1 Metodología de la selección del sistema.

Primero se calcularon las variables para desarrollar el sistema de control (s, Q), se determinó la cantidad económica de pedido (EOQ) y el punto de reorden teniendo en cuenta las variables básicas deducidas anteriormente tales como: costo del producto (V), el costo de ordenamiento (A), demanda anual (D) y tasa de mantenimiento del inventario (r), entre otros. Para el caso del sistema (R, S), establece el costo de ordenamiento incrementado en el costo de revisión del inventario (A'), el intervalo de revisión pre-especificado (R) y el nivel máximo de inventario hasta el que se ordena. Por último, el sistema (s, S) establece un punto de reorden s y un inventario máximo S.

A continuación, en la siguiente tabla, se exponen los valores obtenidos para los ítems clase A, las políticas evaluadas, el CTR incurrido, el nivel de servicio, el punto de reorden (s), la cantidad económica de pedido (EOQ) y el inventario máximo (S) para cada uno de los primeros 20 ítems. Los demás ítems y los cálculos relacionados con el desarrollo de las políticas de control se encuentran incluidos en los anexos propios de este trabajo.

**Tabla 30.** Resumen políticas de control.

Resumen de políticas de control						
Item	Aspectos generales					
	Sistema de control	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
10109	s,Q	0,59175975	5,394498299	-	4213450,203	96,5%
10109	R,S	-	5,58011243	7,679270844	5475828,366	96,5%
30102	s,Q	118,515053	404,889118	-	5842035,533	99,4%
30102	R,S	-	418,8205603	542,1710254	6110388,892	99,4%
91108	s,Q	5,0083967	27,45522616	-	4140045,832	99,6%
91108	R,S	-	28,39990677	33,85504876	4348725,808	99,6%
93408	s,Q	6,39046684	66,78071225	-	2890401,145	99,3%
93408	R,S	-	69,07850588	78,95769106	3138706,213	99,3%
93502	s,Q	174,478609	856,48311	-	4055952,417	99,6%
93502	R,S	-	885,9530179	1075,450282	4265435,818	99,6%
110303	s,Q	1,80852992	9,443217845	-	3301794,114	96,5%
110303	R,S	-	9,768140493	12,86616806	3842131,575	96,5%
110308	s,Q	1,84043307	6,743116763	-	5117016,761	97,0%
110308	R,S	-	6,975134217	9,355128033	5678347,025	97,0%
132202	s,Q	0,57366728	7,151688748	-	3474727,241	98,3%
132202	R,S	-	7,397764364	9,151042678	4153318,256	98,3%
140501	s,Q	0,21739858	5,527189504	-	4170477,627	98,6%
140501	R,S	-	5,717369279	7,331115207	5345162,508	98,6%
140505	s,Q	1,00042441	6,991674428	-	3301056,923	99,99%
140505	R,S	-	7,232244264	8,234829272	3415651,716	99,99%

**Fuente:** Los Autores.

**Tabla 31.** Comparación de costos

<b>CODIGO</b>	<b>COSTO ANUAL APROX</b>	<b>CTR PROPUESTO</b>	<b>DISMINUCIÓN%</b>
<b>10109</b>	\$ 6.453.125,59	\$ 4.213.450,20	53%
<b>30102</b>	\$ 8.945.674,45	\$ 5.842.035,53	53%
<b>91101</b>	\$ 7.175.291,96	\$ 4.906.555,60	46%
<b>91108</b>	\$ 6.458.459,41	\$ 4.140.045,83	56%
<b>92301</b>	\$ 3.978.612,70	\$ 2.890.401,15	38%
<b>93408</b>	\$ 5.978.527,40	\$ 4.055.952,42	47%
<b>93502</b>	\$ 4.178.963,12	\$ 3.301.794,11	27%
<b>110303</b>	\$ 6.578.963,14	\$ 5.117.016,76	29%
<b>110308</b>	\$ 4.458.967,10	\$ 3.474.727,24	28%
<b>132202</b>	\$ 4.952.786,47	\$ 4.170.477,63	19%
<b>140501</b>	\$ 5.045.896,40	\$ 3.301.056,92	53%
<b>140505</b>	\$ 3.478.962,99	\$ 2.723.409,09	28%
<b>150304</b>	\$ 5.789.634,45	\$ 4.232.410,50	37%
<b>150306</b>	\$ 3.478.965,47	\$ 2.737.915,77	27%
<b>150803</b>	\$ 4.967.853,40	\$ 4.137.321,43	20%
<b>151004</b>	\$ 5.578.961,40	\$ 4.909.954,95	14%
<b>151018</b>	\$ 5.975.631,33	\$ 4.608.940,96	30%
<b>151025</b>	\$ 7.047.896,55	\$ 6.111.630,27	15%
<b>151102</b>	\$ 13.975.621,00	\$ 11.339.458,08	23%

**Fuente:**

De acuerdo al análisis aplicado a la tabla de resumen de las políticas de control diseñadas para los ítems clase A, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para el 100% de los ítems evaluados el sistema que genera un menor costo total relevante (CTR) es el sistema (s, Q). El sistema (R, S) posee resultados con CTR mayores y por lo tanto menos conveniente.
- El sistema (R, S) resulta generar para todos los ítems evaluados un CTR en promedio 36.80% mayor a los costos resultantes del sistema (s,Q).
- Se muestra evidente que el sistema de control que tiene mayores valores correspondientes a los datos de inventario máximo S y tamaño de pedido Q generara un CTR mayor debido a que los costos de ordenamiento y almacenamiento se ven sensiblemente incrementados.
- El diseño de las políticas de control de inventario demostró arrojar valores mucho menores en los costos asociados al ordenamiento, almacenamiento y faltantes de

cada una de las referencias de producto estudiadas en el presente trabajo en comparación con los costos que la empresa actualmente utiliza para el ajuste de sus inventarios. En promedio la aplicación del mejor sistema de control de inventario redujo los costos hasta aproximadamente un 32% de los costos asociados a cada ítem, situación que demuestra los beneficios de la utilización de las políticas de control.

## 12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado en la empresa y la interacción que se realizó con todos los insumos prestados por la misma nos permitió determinar una propuesta de control de inventarios para los ítems de mayor impacto, permitiendo minimizar costos totales de inventario y garantizar un óptimo nivel de servicio, logrando obtener el siguiente resultado:

En el diagnóstico se logró determinar la forma como la empresa gestiona su inventario donde existen numerosos datos relacionados, como la gran variedad de proveedores que utilizan para cubrir sus necesidades de forma inmediata, sin embargo algunos necesitan de mayor atención, así ayudando a mantener el nivel de servicio adecuado, por otro lado el espacio físico de la bodega es insuficiente para el manejo de los pedidos, esto se debe a las solicitudes de gran cantidad de productos cuya rotación es baja y que ocupan mucho espacio en comparación a los productos más significativos que sean descuidados ocasionando fallas en el servicio.

Al realizar la clasificación ABC para los 2220 ítems que maneja la empresa, 283 ítems resultaron como clase A, con un volumen de ventas del 65,91% que obtuvieron durante los 12 meses mostrando su gran aporte ya que equivalen al 12,7% del total de ítems. Para las demás categorías no se profundizó en los análisis.

Estableciendo unas preferencias relativas se realiza una clasificación multicriterio para los 283 ítems, que permitió determinar los productos que, por su nivel de ventas, costo y rotación generan un impacto mayor en el inventario general de la empresa, de esta clasificación se establecen 83 ítems.

Para el análisis de la demanda de los ítems clase A obtenidos por la clasificación multicriterio se encontró que la mayoría de los ítems poseen patrones de comportamiento errático, dos presentaron demanda con tendencia y en los demás se presentó una demanda estable, perpetua o uniforme. Para la minimización del ECM, no siempre el sistema de pronóstico más complejo es el más eficiente, cabe anotar que el desarrollo de los sistemas de pronósticos más efectivos fue SE simple y doble.

Para establecer el sistema de control del inventario se realiza la aplicación de dos métodos, el sistema (s, Q) con nivel de servicio P2, el sistema (R, s) donde se obtuvo como resultado que para el 100% de los ítems clase A evaluados, por el sistema (s, Q) arrojaron el CTR (Costo Total Relevante) más bajo y el sistema de control (R, S) cuyos resultados obtuvieron un costo más elevado. Adicionalmente con la aplicación de este diseño de control de inventarios se garantiza bajo un nivel de servicio de 95% la reducción de los costos de inventario.

Como recomendación un buen manejo de los inventarios facilitara las actividades productivas de la empresa, que por ser comercial requiere de la agilidad en la entrada y salida de productos. Así mismo el correcto almacenamiento de los productos garantiza la conservación de la calidad de los mismos, evita que se deterioren y que mantengan todas sus características, con el fin evitar retrasos en los envíos ya que se conoce la ubicación y es más fácil organizar los pedidos.

Desarrollo e implementación de herramientas informáticas que permitan el mejor control de la información y trazabilidad de los productos, así mismo llevar a cabo los controles del sistema ABC que permitan tener información real y actualizada acerca de los inventarios, la demanda de productos, los tiempos de entrega y recepción con el fin de obtener una mejora continua.

Un diseño de nuevas estrategias de ventas permitirá fidelizar a los clientes y atraer nuevos, además de aumentar la participación en el mercado de la empresa, logrando así una alta rotación del inventario

Mejorar la relación con los proveedores con un propósito de beneficio para ambos, obteniendo para le empresa altos fondos de créditos y prioridad en los pedidos.

### 13 REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Arguello montejo, J. S. (2008). *Programa de Ingeniería Industrial*. Obtenido de Universidad Nacional De Colombia, Sede Medellín.: [http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/pep/pep\\_3\\_15.pdf](http://www.pregrado.unal.edu.co/docs/pep/pep_3_15.pdf)
- Ballou, R. H. (2004). *Logistica: Administracion de la Cadena de Suministro*. Mexico: Quita edicion. Obtenido de Administracion de la Cadena de Suministro: [https://ulisesmv1.files.wordpress.com/2015/08/logistica\\_administracion\\_de\\_la\\_cadena\\_de\\_suministro\\_5ta\\_edicion\\_-\\_ronald\\_h-\\_ballou.pdf](https://ulisesmv1.files.wordpress.com/2015/08/logistica_administracion_de_la_cadena_de_suministro_5ta_edicion_-_ronald_h-_ballou.pdf)
- Chen, J.-X. (2011). En *Peer-estimation for multiple criteria ABC inventory*.
- Ching-Wu Chu, G.-S. L.-T. (Noviembre de 2008). *Controlar el inventario mediante la combinación de análisis ABC y clasificación difusa*. Obtenido de Computadoras e Ingeniería Industrial: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835208000612>
- Everett E. Adam, R. J. (1991). *administracion de la produccion y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. .
- Flores, B. E., & Whybark, D. C. (1987). En *Implementing Multiple Criteria ABC Analysis*. *Journal of Operations Management*.
- Gutierrez, V., & Vidal, c. (2008). Antioquia: Modelos de Gestión de Inventarios.
- Jaarsveld, W., & Dekker, R. (2011). En *Spare parts stock control for redundant systems using reliability centered maintenance data*. *Reliability Engineering and System Safety*.
- Lindsey, M., & Pavur, R. (2009). En *Prediction intervals for future demand of existing roducts with an observed demand of zero*. *International Journal of Production Economics*.
- Lung Ng, W. (2007). En *A simple classifier for multiple criteria ABC analysis*.
- Manene, L. M. (18 de Agosto de 2012). *Gestión de existencias e inventarios*. Obtenido de <http://www.luismiguelmanene.com/2012/08/08/gestion-de-existencias-e-inventarios/>
- Parada Gutierrez, O. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Scielo*.

- Partovi, F., & Burton, J. (1993). En *Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. International Journal of Operations & Production Management*.
- RAMIREZ, J. (2007). *Fundamentos de Inventarios*. Instituto Universitario de Tecnología "READIC". Maracaibo.
- Sánchez, M., & Reyes, L. (2011). Sistema de Información para el Control de Inventarios del Almacén del ITS.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). En *Inventory Management and Production Planning and Scheduling (Third Edition ed.)*.
- Teunter, R., & Sani, B. (2009). En *On the bias of Croston's forecasting method. European Journal of Operational Research*.
- Vidal Holguin, C. J. (2005). *Fundamentos de Gestion de Inventarios*. Santiago de Cali.: Universidad del Valle-Facultad de Ingenieria.
- Vidal Holguin, C. J. (2010). Fundamentos de Control y gestion de Inventaros.
- Wallström, P., & Segerstedt, A. (2010). En *Evaluation of forecasting error measurements and techniques for intermittent demand. Int. J. Production Economics*.
- Willemain, T. R., Smart, C. N., & Schwarz, H. F. (2004). En *A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. International Journal of Forecasting*.



## ANEXOS

### Anexo A. Peso Final Multicriterio

Nº	CODIGO	UNIDADES	PESO CRITICIDAD	PESO COSTO	PESO LEAD TIME	PESO UTILIDAD	PESO FINAL DEL PRODUCTO
35	161009	12	0,520	0,101	0,15	0,017	0,788
71	160533	14	0,520	0,084	0,13	0,007	0,742
18	180703	17	0,520	0,063	0,15	0,005	0,738
3	220607	27	0,520	0,048	0,15	0,005	0,724
4	220605	29	0,520	0,040	0,15	0,003	0,713
17	180704	26	0,520	0,038	0,15	0,002	0,710
93	160409	20	0,520	0,069	0,11	0,007	0,709
106	160307	60	0,520	0,067	0,11	0,007	0,706
24	180103	62	0,520	0,033	0,15	0,003	0,706
81	160515	26	0,520	0,063	0,11	0,009	0,704
94	160407	15	0,416	0,151	0,11	0,023	0,702
88	160425	28	0,520	0,062	0,11	0,006	0,700
33	161114	60	0,520	0,020	0,15	0,004	0,694
122	160122	54	0,520	0,069	0,09	0,007	0,690
114	160141	47	0,520	0,068	0,09	0,006	0,689
50	160825	97	0,520	0,030	0,13	0,004	0,685
43	160909	71	0,520	0,026	0,13	0,002	0,679
79	160517	11	0,312	0,228	0,11	0,024	0,676
45	160907	63	0,520	0,020	0,13	0,003	0,674
127	160106	20	0,520	0,049	0,09	0,006	0,668
39	160919	27	0,416	0,084	0,15	0,016	0,666
47	160904	108	0,520	0,012	0,13	0,002	0,665
123	160121	38	0,520	0,046	0,09	0,004	0,663
80	160516	96	0,520	0,027	0,11	0,002	0,662
55	160820	624	0,520	0,003	0,13	0,000	0,655

107	160303	76	0,520	0,020	0,11	0,002	0,654
54	160821	627	0,520	0,002	0,13	0,000	0,654
65	160703	959	0,520	0,001	0,13	0,000	0,652
97	160329	94	0,520	0,012	0,11	0,001	0,646
169	151102	73	0,520	0,046	0,08	0,005	0,646
86	160506	100	0,520	0,009	0,11	0,001	0,643
6	220602	21	0,416	0,069	0,15	0,005	0,640
7	220135	18	0,416	0,066	0,15	0,007	0,639
40	160918	27	0,416	0,067	0,15	0,006	0,639
102	160320	458	0,520	0,002	0,11	0,000	0,635
154	151219	82	0,520	0,034	0,08	0,003	0,633
29	170101	79	0,416	0,059	0,15	0,006	0,631
181	151004	32	0,520	0,049	0,06	0,006	0,631
109	160155	58	0,520	0,013	0,09	0,001	0,628
110	160147	103	0,520	0,009	0,09	0,003	0,626
166	151107	50	0,520	0,025	0,08	0,004	0,624
131	151809	2729	0,520	0,001	0,09	0,000	0,614
204	140501	57	0,520	0,032	0,06	0,005	0,613
37	161004	33	0,416	0,042	0,15	0,004	0,612
143	151237	118	0,520	0,015	0,08	0,002	0,612
177	151018	73	0,520	0,031	0,06	0,005	0,611
162	151113	142	0,520	0,015	0,08	0,001	0,611
242	91101	50	0,520	0,045	0,04	0,006	0,609
203	140505	50	0,520	0,026	0,06	0,002	0,604
206	132202	63	0,520	0,025	0,06	0,002	0,603
240	92301	100	0,520	0,042	0,04	0,004	0,603
11	220124	41	0,416	0,034	0,15	0,001	0,601
155	151218	241	0,520	0,004	0,08	0,001	0,600
171	151025	1680	0,520	0,001	0,08	0,000	0,596

230	110308	81	0,520	0,031	0,04	0,005	0,594
168	151103	8	0,208	0,240	0,08	0,070	0,593
1	300134	130	0,416	0,019	0,15	0,002	0,587
115	160140	27	0,416	0,065	0,09	0,011	0,586
124	160120	50	0,416	0,065	0,09	0,006	0,581
46	160905	71	0,416	0,030	0,13	0,004	0,581
185	150803	306	0,520	0,002	0,06	0,000	0,579
197	150304	403	0,520	0,002	0,06	0,000	0,578
196	150306	3412	0,520	0,000	0,06	0,000	0,577
283	10109	35	0,520	0,032	0,02	0,005	0,576
87	160502	42	0,416	0,041	0,11	0,006	0,575
231	110303	67	0,520	0,015	0,04	0,002	0,574
241	91108	249	0,520	0,006	0,04	0,001	0,565
72	160532	86	0,416	0,013	0,13	0,002	0,563
238	93408	435	0,520	0,002	0,04	0,000	0,560
236	93502	7500	0,520	0,000	0,04	0,000	0,558
121	160124	19	0,416	0,041	0,09	0,005	0,555
57	160812	435	0,416	0,007	0,13	0,001	0,555
63	160801	329	0,416	0,006	0,13	0,001	0,554
51	160824	275	0,416	0,005	0,13	0,000	0,552
69	160602	350	0,416	0,004	0,13	0,000	0,552
67	160605	214	0,416	0,003	0,13	0,000	0,551
56	160813	256	0,416	0,003	0,13	0,000	0,551
64	160705	623	0,416	0,002	0,13	0,000	0,549
66	160702	750	0,416	0,001	0,13	0,000	0,548
31	161131	11	0,312	0,076	0,15	0,009	0,548
82	160512	109	0,416	0,016	0,11	0,001	0,546
125	160108	30	0,416	0,027	0,09	0,003	0,540
267	30102	5205	0,520	0,001	0,02	0,000	0,539

265	30727		0,520	0,000	0,02	0,000	0,539
271	20110		0,520	0,000	0,02	0,000	0,539
92	160411		0,416	0,009	0,11	0,001	0,539
90	160423		0,416	0,008	0,11	0,001	0,538
156	151215		0,416	0,039	0,08	0,006	0,536
105	160309		0,416	0,004	0,11	0,000	0,533
91	160422		0,416	0,001	0,11	0,000	0,530
89	160424		0,416	0,001	0,11	0,000	0,530
211	130123		0,416	0,046	0,06	0,007	0,525
201	140604		0,312	0,138	0,06	0,019	0,525
113	160142		0,416	0,006	0,09	0,001	0,517
30	161133		0,312	0,051	0,15	0,003	0,515
137	151406		0,416	0,004	0,09	0,000	0,514
132	151503		0,416	0,003	0,09	0,000	0,513
120	160128		0,416	0,002	0,09	0,000	0,513
281	10116		0,416	0,069	0,02	0,004	0,508
282	10115		0,416	0,062	0,02	0,009	0,506
148	151225		0,416	0,010	0,08	0,001	0,503
74	160525		0,312	0,051	0,13	0,006	0,500
175	151020		0,416	0,006	0,08	0,001	0,499
149	151224		0,416	0,004	0,08	0,000	0,496
172	151024		0,416	0,004	0,08	0,000	0,495
164	151109		0,416	0,003	0,08	0,000	0,495
147	151228		0,416	0,002	0,08	0,000	0,494
144	151235		0,416	0,002	0,08	0,000	0,494
12	220109		0,312	0,026	0,15	0,005	0,493
170	151101		0,416	0,001	0,08	0,000	0,492
26	180101		0,312	0,026	0,15	0,004	0,491
237	93501		0,416	0,034	0,04	0,003	0,490

70	160534		0,312	0,042	0,13	0,004	0,489
183	151001		0,416	0,014	0,06	0,002	0,488
5	220603		0,312	0,020	0,15	0,004	0,486
60	160804		0,312	0,038	0,13	0,003	0,484
193	150403		0,416	0,004	0,06	0,001	0,477
219	122003		0,208	0,212	0,04	0,019	0,476
44	160908		0,312	0,028	0,13	0,003	0,474
207	132009		0,416	0,001	0,06	0,000	0,474
178	151011		0,416	0,001	0,06	0,000	0,473
20	180304		0,312	0,009	0,15	0,001	0,471
21	180303		0,312	0,005	0,15	0,000	0,467
248	61104		0,416	0,012	0,04	0,001	0,466
22	180302		0,312	0,004	0,15	0,000	0,466
14	220101		0,208	0,097	0,15	0,010	0,465
250	60320		0,416	0,008	0,04	0,000	0,462
272	10709		0,416	0,021	0,02	0,003	0,459
96	160404		0,312	0,028	0,11	0,002	0,454
222	121214		0,416	0,001	0,04	0,000	0,454
256	50302		0,416	0,000	0,04	0,000	0,454
116	160134		0,312	0,039	0,09	0,003	0,447
263	40103		0,416	0,004	0,02	0,001	0,439
264	40102		0,416	0,003	0,02	0,000	0,438
268	20315		0,416	0,002	0,02	0,000	0,437
270	20301		0,416	0,000	0,02	0,000	0,435
38	161002		0,208	0,064	0,15	0,013	0,435
8	220128		0,104	0,162	0,15	0,018	0,434
75	160524		0,312	0,003	0,11	0,000	0,428
58	160810		0,208	0,079	0,13	0,009	0,427
130	160103		0,312	0,017	0,09	0,002	0,425

2	300128		0,208	0,058	0,15	0,009	0,424
138	151401		0,312	0,016	0,09	0,003	0,424
161	151119		0,312	0,032	0,08	0,002	0,422
205	140119		0,312	0,050	0,06	0,003	0,422
25	180102		0,208	0,058	0,15	0,005	0,421
141	151239		0,312	0,009	0,09	0,003	0,417
117	160132		0,312	0,008	0,09	0,001	0,415
153	151220		0,312	0,026	0,08	0,002	0,415
112	160144		0,312	0,006	0,09	0,001	0,412
128	160105		0,312	0,004	0,09	0,001	0,411
23	180106		0,208	0,046	0,15	0,005	0,408
157	151208		0,312	0,009	0,08	0,003	0,399
209	130301		0,312	0,026	0,06	0,003	0,397
10	220126		0,208	0,031	0,15	0,003	0,392
150	151223		0,312	0,004	0,08	0,001	0,392
173	151023		0,312	0,003	0,08	0,000	0,390
34	161102		0,208	0,028	0,15	0,003	0,389
158	151206		0,312	0,001	0,08	0,000	0,388
163	151112		0,312	0,001	0,08	0,000	0,388
199	150201		0,312	0,016	0,06	0,003	0,388
174	151022		0,312	0,001	0,08	0,000	0,388
19	180305		0,208	0,026	0,15	0,003	0,387
9	220127		0,208	0,026	0,15	0,002	0,387
243	91015		0,312	0,035	0,04	0,002	0,386
41	160917		0,208	0,043	0,13	0,004	0,386
15	190104		0,208	0,025	0,15	0,002	0,385
220	121709		0,312	0,030	0,04	0,004	0,383
28	170103		0,208	0,021	0,15	0,003	0,382
279	10121		0,312	0,046	0,02	0,005	0,382

48	160903		0,208	0,037	0,13	0,005	0,381
190	150505		0,312	0,011	0,06	0,001	0,381
182	151003		0,312	0,009	0,06	0,001	0,378
229	110715		0,312	0,020	0,04	0,001	0,371
195	150309		0,312	0,001	0,06	0,000	0,369
253	60127		0,312	0,017	0,04	0,002	0,369
73	160527		0,208	0,024	0,13	0,003	0,366
227	121101		0,208	0,109	0,04	0,010	0,365
251	60130		0,312	0,013	0,04	0,001	0,364
244	61705		0,312	0,009	0,04	0,001	0,360
159	151204		0,208	0,073	0,08	0,003	0,359
59	160805		0,208	0,014	0,13	0,002	0,356
280	10118		0,312	0,023	0,02	0,001	0,355
257	40803		0,312	0,001	0,04	0,000	0,350
217	122006		0,312	0,000	0,04	0,000	0,350
235	93503		0,312	0,000	0,04	0,000	0,350
255	50401		0,312	0,000	0,04	0,000	0,350
62	160802		0,208	0,009	0,13	0,001	0,349
194	150312		0,208	0,079	0,06	0,006	0,349
42	160914		0,208	0,008	0,13	0,001	0,348
53	160822		0,208	0,007	0,13	0,001	0,347
277	10253		0,312	0,013	0,02	0,002	0,345
95	160406		0,208	0,021	0,11	0,003	0,345
99	160324		0,208	0,019	0,11	0,003	0,342
276	10407		0,312	0,009	0,02	0,001	0,341
186	150708		0,104	0,169	0,06	0,011	0,340
77	160522		0,208	0,017	0,11	0,002	0,339
261	40105		0,312	0,007	0,02	0,002	0,339
111	160146		0,208	0,034	0,09	0,003	0,338

83	160511		0,208	0,014	0,11	0,001	0,336
273	10704		0,312	0,001	0,02	0,000	0,332
269	20310		0,312	0,000	0,02	0,000	0,331
100	160323		0,208	0,009	0,11	0,001	0,330
76	160523		0,208	0,003	0,11	0,000	0,324
13	220102		0,104	0,064	0,15	0,005	0,323
151	151222		0,208	0,037	0,08	0,002	0,322
216	122201		0,208	0,066	0,04	0,009	0,321
202	140510		0,208	0,047	0,06	0,005	0,317
129	160104		0,208	0,008	0,09	0,001	0,310
68	160603		0,104	0,062	0,13	0,005	0,302
134	151415		0,208	0,000	0,09	0,000	0,302
52	160823		0,104	0,058	0,13	0,004	0,298
184	150902		0,208	0,029	0,06	0,002	0,295
188	150701		0,208	0,027	0,06	0,002	0,293
165	151108		0,208	0,004	0,08	0,001	0,288
36	161008		0,104	0,029	0,15	0,005	0,288
146	151233		0,208	0,004	0,08	0,000	0,288
212	123505		0,208	0,014	0,06	0,002	0,279
210	130220		0,208	0,014	0,06	0,002	0,279
232	110302		0,208	0,028	0,04	0,003	0,277
239	93402		0,208	0,022	0,04	0,004	0,272
247	61107		0,208	0,021	0,04	0,002	0,268
176	151019		0,208	0,002	0,06	0,000	0,267
179	151009		0,208	0,002	0,06	0,000	0,266
16	190103		0,104	0,004	0,15	0,001	0,259
32	161116		0,104	0,004	0,15	0,001	0,259
27	170401		0,104	0,003	0,15	0,000	0,257
226	121102		0,208	0,010	0,04	0,001	0,256



246	61301		0,208	0,008	0,04	0,001	0,254
254	60101		0,208	0,007	0,04	0,001	0,253
274	10414		0,208	0,022	0,02	0,004	0,252
61	160803		0,104	0,014	0,13	0,002	0,251
275	10409		0,208	0,019	0,02	0,002	0,248
221	121701		0,208	0,001	0,04	0,000	0,247
49	160902		0,104	0,010	0,13	0,002	0,247
260	40106		0,208	0,017	0,02	0,003	0,247
225	121207		0,208	0,000	0,04	0,000	0,246
224	121208		0,208	0,000	0,04	0,000	0,246
98	160326		0,104	0,023	0,11	0,003	0,242
152	151221		0,104	0,058	0,08	0,005	0,242
108	160302		0,104	0,012	0,11	0,011	0,240
245	61702		0,104	0,086	0,04	0,010	0,238
104	160310		0,104	0,015	0,11	0,002	0,234
258	40616		0,208	0,006	0,02	0,000	0,233
259	40506		0,208	0,004	0,02	0,000	0,231
84	160510		0,104	0,012	0,11	0,001	0,230
136	151412		0,104	0,025	0,09	0,004	0,226
78	160520		0,104	0,007	0,11	0,001	0,224
101	160321		0,104	0,007	0,11	0,000	0,224
85	160508		0,104	0,006	0,11	0,001	0,224
103	160312		0,104	0,001	0,11	0,000	0,218
208	132003		0,104	0,047	0,06	0,004	0,211
139	151316		0,104	0,009	0,09	0,002	0,209
191	150503		0,104	0,043	0,06	0,004	0,207
228	120902		0,104	0,060	0,04	0,005	0,207
160	151203		0,104	0,025	0,08	0,002	0,205
140	151242		0,104	0,004	0,09	0,001	0,203

118	160131		0,104	0,002	0,09	0,000	0,200
119	160130		0,104	0,002	0,09	0,000	0,200
135	151413		0,104	0,001	0,09	0,000	0,199
126	160107		0,104	0,001	0,09	0,000	0,199
133	151416		0,104	0,000	0,09	0,000	0,198
167	151105		0,104	0,017	0,08	0,002	0,197
189	150640		0,104	0,031	0,06	0,005	0,195
200	140606		0,104	0,028	0,06	0,003	0,192
145	151234		0,104	0,007	0,08	0,001	0,187
187	150706		0,104	0,022	0,06	0,003	0,185
142	151238		0,104	0,002	0,08	0,001	0,182
234	110203		0,104	0,030	0,04	0,002	0,173
218	122004		0,104	0,028	0,04	0,003	0,173
215	122202		0,104	0,009	0,06	0,003	0,172
213	122401		0,104	0,008	0,06	0,001	0,170
249	61101		0,104	0,026	0,04	0,002	0,169
198	150302		0,104	0,006	0,06	0,001	0,167
214	122301		0,104	0,004	0,06	0,000	0,164
223	121211		0,104	0,021	0,04	0,001	0,164
252	60129		0,104	0,020	0,04	0,001	0,163
180	151008		0,104	0,002	0,06	0,000	0,163
192	150501		0,104	0,001	0,06	0,000	0,161
233	110212		0,104	0,003	0,04	0,001	0,145
278	10244		0,104	0,014	0,02	0,002	0,139
262	40104		0,104	0,004	0,02	0,001	0,128
266	30107		0,104	0,002	0,02	0,000	0,126

## Anexo B. Resumen de Políticas

Resumen de políticas de control						
Ítem	Aspectos generales					
	Sistema de control	Punto de reorden (s) (Unidades)	Tamaño de pedido (Q) (Unidades)	Inventario máximo (S) (Unidades)	Costo total relevante (CTR) (\$)	Nivel de servicio P2 especificado
10109	s,Q	0,59175975	5,394498299	-	4213450,203	96,5%
10109	R,S	-	5,58011243	7,679270844	5475828,366	96,5%
30102	s,Q	118,515053	404,889118	-	5842035,533	99,4%
30102	R,S	-	418,8205603	542,1710254	6110388,892	99,4%
91108	s,Q	5,0083967	27,45522616	-	4140045,832	99,6%
91108	R,S	-	28,39990677	33,85504876	4348725,808	99,6%
93408	s,Q	6,39046684	66,78071225	-	2890401,145	99,3%
93408	R,S	-	69,07850588	78,95769106	3138706,213	99,3%
93502	s,Q	174,478609	856,48311	-	4055952,417	99,6%
93502	R,S	-	885,9530179	1075,450282	4265435,818	99,6%
110303	s,Q	1,80852992	9,443217845	-	3301794,114	96,5%
110303	R,S	-	9,768140493	12,86616806	3842131,575	96,5%
110308	s,Q	1,84043307	6,743116763	-	5117016,761	97,0%
110308	R,S	-	6,975134217	9,355128033	5678347,025	97,0%
132202	s,Q	0,57366728	7,151688748	-	3474727,241	98,3%
132202	R,S	-	7,397764364	9,151042678	4153318,256	98,3%
140501	s,Q	0,21739858	5,527189504	-	4170477,627	98,6%
140501	R,S	-	5,717369279	7,331115207	5345162,508	98,6%
140505	s,Q	1,00042441	6,991674428	-	3301056,923	99,99%
140505	R,S	-	7,232244264	8,234829272	3415651,716	99,99%
150304	s,Q	5,08692662	66,40017985	-	2723409,09	99,0%

150304	R,S	-	68,68488012	79,81444776	3060786,791	99,0%
150306	s,Q	52,2842115	378,0887324	-	4232410,5	99,1%
150306	R,S	-	391,0980259	460,5216253	4565494,334	99,1%
150803	s,Q	2,93460245	52,85841306	-	2737915,771	99,5%
150803	R,S	-	54,67716762	61,28182624	3020396,914	99,5%
151004	s,Q	0,47184994	3,861677733	-	4137321,431	95,0%
151004	R,S	-	3,994550508	7,205816946	7028625,088	95,0%
151018	s,Q	0,99471318	6,782600791	-	4909954,947	97,0%
151018	R,S	-	7,015976812	8,997508386	5757535,653	97,0%
151025	s,Q	4,79187234	162,5138444	-	4608940,958	99,9%
151025	R,S	-	168,1056278	176,9269902	4881381,414	99,9%
151102	s,Q	1,39502743	6,151955079	-	6111630,271	95,0%
151102	R,S	-	6,363631815	10,5823625	8929473,894	95,0%
151103	s,Q	0,31607213	1,31928668	-	11339458,08	95,0%
151103	R,S	-	1,364680753	2,456669249	17694726,77	95,0%
151107	s,Q	0,7974996	6,129942182	-	3635306,988	95,5%
151107	R,S	-	6,340861498	9,048974384	4824786,5	95,5%
151113	s,Q	2,24411137	16,94817281	-	4084742,451	99,3%
151113	R,S	-	17,53132627	20,29117243	4347462,093	99,3%
151218	s,Q	0,84855578	31,48867086	-	4042198,996	99,8%
151218	R,S	-	32,57213441	35,22687716	4412048,613	99,8%
151219	s,Q	1,03198083	6,581568692	-	4588627,969	95,0%
151219	R,S	-	6,808027593	11,83122873	7352695,808	95,0%
151237	s,Q	1,32369056	14,26985885	-	4710780,744	99,4%
151237	R,S	-	14,76085677	16,58591123	5035684,019	99,4%

151809	s,Q	15,6418148	324,6830546	-	3747129,593	99,8%
151809	R,S	-	335,8547632	357,8776005	3949201,759	99,8%
160106	s,Q	0,43401131	2,804183248	-	2991555,793	95,0%
160106	R,S	-	2,900669706	5,184887363	4949892,285	95,0%
160108	s,Q	0,70675418	4,987501995	-	2996632,247	96,5%
160108	R,S	-	5,15911218	6,826066476	3648595,637	96,5%
160120	s,Q	0,36401408	4,525960182	-	5766735,158	99,0%
160120	R,S	-	4,681689616	5,40368526	6412423,075	99,0%
160121	s,Q	0,21739146	4,174653164	-	3696553,905	97,0%
160121	R,S	-	4,318294811	7,270777915	6155583,205	97,0%
160122	s,Q	0,65838111	4,20997008	-	6129100,548	95,0%
160122	R,S	-	4,354826913	6,375962616	8180608,935	95,0%
160124	s,Q	0,30887821	2,304380262	-	2050459,221	95,0%
160124	R,S	-	2,383669478	4,453002624	3598877,098	95,0%
160140	s,Q	0,81170828	3,090883856	-	5265277,51	95,0%
160140	R,S	-	3,197235121	4,763307072	6631648,726	95,0%
160141	s,Q	1,13279555	4,043332806	-	5669127,823	95,0%
160141	R,S	-	4,182455976	6,465109703	7362471,496	95,0%
160147	s,Q	1,87190877	9,635238068	-	3109653,723	95,0%
160147	R,S	-	9,966767756	14,37411029	3976549,548	95,0%
160155	s,Q	1,7784708	9,924105513	-	2763100,803	95,0%
160155	R,S	-	10,26557456	14,65942618	3540480,983	95,0%
160303	s,Q	1,00354974	9,324206496	-	3553297,146	95,5%
160303	R,S	-	9,645034196	14,7732249	5161181,917	95,5%
160307	s,Q	0,83389656	3,65986318	-	5105202,278	95,0%

160307	R,S	-	3,785791911	6,470487251	7691516,891	95,0%
160320	s,Q	13,5020341	65,85820939	-	3321937,779	95,0%
160320	R,S	-	68,12426151	101,6701317	4382350,649	95,0%
160329	s,Q	1,91523882	12,65056827	-	3480460,498	95,0%
160329	R,S	-	13,08584957	19,12487538	4661089,911	95,0%
160407	s,Q	0,11178388	0,98426208	-	3645745,278	95,0%
160407	R,S	-	1,018128612	3,042590712	10415799,34	95,0%
160409	s,Q	0,47030694	2,590899902	-	3761122,165	95,0%
160409	R,S	-	2,680047698	4,265093805	5406566,652	95,0%
160425	s,Q	0,1963018	3,11510781	-	3903060,734	96,0%
160425	R,S	-	3,222292575	5,818050574	6894972,997	96,0%
160502	s,Q	1,0218397	4,511471777	-	4345804,403	95,0%
160502	R,S	-	4,666702693	7,313392717	5952976,867	95,0%
160506	s,Q	1,36594565	15,45693652	-	3263693,569	97,0%
160506	R,S	-	15,98877946	22,29862624	4377205,561	97,0%
160512	s,Q	1,26969896	15,45317805	-	4767697,289	97,5%
160512	R,S	-	15,98489167	20,86706892	6005968,012	97,5%
160515	s,Q	0,23020957	1,488734558	-	2237616,143	95,0%
160515	R,S	-	1,539959001	3,821156766	5221231,447	95,0%
160516	s,Q	1,51105519	7,816315893	-	4096108,195	95,0%
160516	R,S	-	8,085260029	11,89950064	5365942,87	95,0%
160517	s,Q	0,15549698	0,977900598	-	4689622,849	95,0%
160517	R,S	-	1,011548244	2,323199454	10046224,44	95,0%
160532	s,Q	1,16688786	11,3357531	-	3804367,142	99,0%
160532	R,S	-	11,72579418	13,76907451	4223708,464	99,0%

160533	s,Q	0,32115932	1,961047794	-	3245130,792	95,0%
160533	R,S	-	2,028523612	3,495008489	5139541,315	95,0%
160602	s,Q	5,08209878	43,82977599	-	3521806,04	99,2%
160602	R,S	-	45,33787282	53,23876491	3866125,481	99,2%
160605	s,Q	1,20609625	35,7728181	-	2606959,924	99,9%
160605	R,S	-	37,00369077	39,12261993	2762895,422	99,9%
160702	s,Q	5,45585638	130,6640375	-	2908838,902	99,4%
160702	R,S	-	135,1599313	154,8283675	3322348,999	99,4%
160703	s,Q	11,70868	128,9062721	-	2934869,859	98,0%
160703	R,S	-	133,3416847	167,4464062	3530301,943	98,0%
160705	s,Q	14,9682068	83,9816837	-	3306339,941	98,2%
160705	R,S	-	86,8713291	108,371071	3669316,378	98,2%
160801	s,Q	1,90969064	34,23254125	-	4280766,578	99,7%
160801	R,S	-	35,41041601	38,54000427	4579411,482	99,7%
160812	s,Q	2,45567569	61,30202776	-	3159566,933	99,9%
160812	R,S	-	63,41131058	67,51580493	3352977,283	99,9%
160813	s,Q	3,00340122	40,663495	-	2798263,051	99,5%
160813	R,S	-	42,0626463	47,18880897	3039131,087	99,5%
160820	s,Q	6,6390809	72,06496915	-	4418432,072	96,0%
160820	R,S	-	74,54458372	112,1530076	6372701,626	96,0%
160821	s,Q	8,96521407	79,92340387	-	3629678,374	97,5%
160821	R,S	-	82,67341181	106,5303283	4406793,853	97,5%
160824	s,Q	4,35188536	35,02670541	-	3229978,75	99,5%
160824	R,S	-	36,23190581	42,08821278	3478347,248	99,5%
160825	s,Q	1,69788003	8,519855574	-	5705941,479	97,0%

160825	R,S	-	8,813007133	12,00300056	6852029,734	97,0%
160904	s,Q	3,09290991	13,76367411	-	3838164,357	95,5%
160904	R,S	-	14,2372552	19,67018336	4580024,778	95,5%
160905	s,Q	1,85091057	7,08876031	-	4784621,551	96,5%
160905	R,S	-	7,332670682	10,00091646	5468162,737	96,5%
160907	s,Q	1,0823247	7,823075898	-	3999985,74	95,5%
160907	R,S	-	8,092252632	11,69648515	5345071,628	95,5%
160909	s,Q	0,5912023	8,100418918	-	3995506,572	97,5%
160909	R,S	-	8,379138483	11,2784375	5233233,951	97,5%
160918	s,Q	0,50955914	3,046603546	-	4021256,328	95,0%
160918	R,S	-	3,151431213	5,742443394	6739883,502	95,0%
160919	s,Q	0,5066236	2,408927387	-	5570129,354	95,0%
160919	R,S	-	2,491813865	4,524124424	9028799,075	95,0%
161004	s,Q	1,45504757	5,701500431	-	4738308,032	97,1%
161004	R,S	-	5,897677904	7,776046402	5234627,036	97,1%
161009	s,Q	0,37261807	1,666127441	-	4280770,826	95,0%
161009	R,S	-	1,723455626	3,228813875	7143118,493	95,0%
161114	s,Q	1,4344607	7,268666752	-	3827093,209	96,0%
161114	R,S	-	7,518767352	12,5165397	5732214,389	96,0%
161131	s,Q	0,12365344	1,078674494	-	1838953,086	95,0%
161131	R,S	-	1,115789573	2,968685379	4688665,658	95,0%
170101	s,Q	1,20460433	5,628070926	-	7109837,84	95,0%
170101	R,S	-	5,821721834	9,848217443	10659454,17	95,0%
180103	s,Q	1,01992495	5,745577833	-	3638850,78	95,0%
180103	R,S	-	5,943271924	8,969346308	4955758,236	95,0%



180703	s,Q	0,26366725	2,097956855	-	2585625,913	95,0%
180703	R,S	-	2,170143446	3,880899089	4356301,774	95,0%
180704	s,Q	0,23969977	4,460532903	-	2785600,422	98,0%
180704	R,S	-	4,614011112	6,721029859	4020191,877	98,0%
192301	s,Q	0,41006643	7,652999638	-	6365894,492	98,5%
192301	R,S	-	7,916324381	9,909483397	7869683,376	98,5%
220124	s,Q	0,55938816	6,467394365	-	3506800,307	97,7%
220124	R,S	-	6,68992475	8,606867985	4342131,733	97,7%
220135	s,Q	0,47505862	2,481163139	-	3464877,029	95,0%
220135	R,S	-	2,566535107	5,358486667	6625836,059	95,0%
220602	s,Q	0,68148962	3,344167477	-	4395054,273	95,0%
220602	R,S	-	3,459233736	6,320844105	7236834,153	95,0%
220605	s,Q	0,15665664	4,118546437	-	2981428,683	98,0%
220605	R,S	-	4,260257561	7,581769278	5320769,766	98,0%
220607	s,Q	0,58942253	3,388450563	-	3544560,627	95,0%
220607	R,S	-	3,505040517	6,082060345	5616986,829	95,0%
300134	s,Q	0,78935018	11,64401334	-	4731322,15	99,0%
300134	R,S	-	12,04466106	14,27718386	5470483,39	99,0%